Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Heinz Weichardt

Testuntersuchungen zum Lerneffekt bei feinmotorischen Aufgabenstellungen am Beispiel der motorischen Leistungsserie (MLS) nach Schoppe

Inaugural Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Theoretische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Beate Charlotte Waizenegger
aus Ebingen
1979

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Heinz Weichardt

Testuntersuchungen zum Lerneffekt bei feinmotorischen Aufgabenstellungen am Beispiel der motorischen Leistungsserie (MLS) nach Schoppe

Inaugural Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Theoretische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Beate Charlotte Waizenegger
aus Ebingen
1979

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. Prof. Dr. med. H. Haselmann

Berichterstatter: Prof. Dr. med. H. Weichardt

Allen, die zum Gelingen dieser
Arbeit beigetragen haben, möchte
ich an dieser Stelle ganz herzlich
danken.
Mein besonderer Dank gilt
Herrn Prof. Dr. Weichardt für die
Überlassung des Themas und Herrn
Dr. Konietzko für seine freundliche
Beratung bei der Abfassung der Arbeit.
Herrn Drysch danke ich für seine
Hilfe bei der statistischen Auswertung
der Ergebnisse.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II	LITERATURÜBERSICHT	3
	1. Anwendungsbereich	3
	2. Testformen und Faktoren der Feinmotorik	5
	3. Lernprozesse, Übung, Reliabilitäten	9
	a) Theoretische Modelle von Lernprozessen	9
	b) Definition von Übung	11
	c) Korrelations- und faktorenanalytische Untersuchungen des Übungsverlaufes	13
	d) Faktoren, die den Lerneffekt beeinflussen	14
	e) Spezielle Ergebnisse zum Lerneffekt der im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten Aufgaben	18
	f) Reliabilitäten psychomotorischer Aufgaben	19
III	METHODIK	21
	1. Versuchspersonen	21
	2. Testapparate und Testaufgaben	22
	3. Versuchsdurchführung	27
	4. Befragung der Versuchspersonen	29
	5. Langzeitversuch der Aufgabe Liniennachfahren	29
IV	ERGEBNISSE	30
	1. Steadiness	31
	2. Liniennachfahren	41
	3. Aiming	47
	4. Tapping	59
	5. Befragung der Versuchspersonen	66
	6. Langzeitversuch der Aufgabe Liniennachfahren	67
V	DISKUSSION	68
VI	ZUSAMMENFASSUNG	77
VII	LITERATURVERZEICHNIS	79

I EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Chemische Schadstoffe am Arbeitsplatz haben häufig eine große Affinität zum Nervensystem. Zur Früherkennung möglicher Organschäden reichen die üblichen klinischen Untersuchungsmethoden nicht aus, sondern müssen ergänzt werden. Psychomotorische Testuntersuchungen sind grundsätzlich dazu geeignet, können jedoch durch schadstoffunabhängige Faktoren beeinflußt werden.
Die vorliegende Arbeit untersucht deshalb an vier feinmotorischen Aufgaben, ob und unter welchen Bedingungen diese zur Prüfung toxikologischer Wirkungen geeignet sind.

Da toxikologische Untersuchungen am Arbeitsplatz aus organisatorischen und methodischen Gründen nicht unbegrenzt ausgedehnt werden können, stellen sich konkret folgende Fragen:

1. Gibt es signifikante Leistungsverbesserungen innerhalb von sechs aufeinanderfolgenden Versuchen?
   Die spätere Anwendung der Testaufgaben macht es notwendig, die maximale Versuchsanzahl pro Aufgabe auf sechs zu begrenzen, da unter möglichst geringem Zeitaufwand außer der Psychomotorik noch andere Leistungsparameter gemessen werden sollen.

2. Läßt sich eine bestimmte Anzahl von Vorversuchen finden, die zur Erreichung eines ersten Lernplateaus notwendig ist, im Bereich dessen zuverlässige Meßergebnisse erhalten werden können?

3. Gibt es signifikante Unterschiede zwischen Vor- und Nachmittagsversuchen?
   Die Frage stellt sich deshalb, weil für vergleichende toxikologische Untersuchungen Messungen vor und nach Schadstoffexposition notwendig sind.

4. Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede der psychomotorischen Leistungen und des Übungsverlaufs?

II LITERATURÜBERSICHT

1. Anwendungsbereich

Oft wird angenommen, daß psychomotorische Meßparameter besonders empfindlich auf Leistungsanstieg oder -abfall reagieren. Psychomotorisches Verhalten soll anscheinend ein eindeutigeres und direkteres Maß für die Leistungsprüfung sein als z.B. die Sprache oder das Auffassungsvermögen (23,60).
Psychomotorische Tests werden deshalb häufig verwendet, um den Einfluß von Variablen wie Alter (10,52,68), Geschlecht (2,33) und Umweltfaktoren auf das menschliche Verhalten zu prüfen.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet stellt die Pharmakologie und Toxikologie dar. Einerseits wird der Einfluß gewisser Pharmaka auf die Psychomotorik geprüft (23,42,56), andererseits aber auch die Frage untersucht, ob und wie sich die faktorenanalytische Struktur der Tests unter der Medikamenteneinwirkung ändert (23,36).

Sehr früh schon wurden von Oseretzky (49) motorische Tests für Kinder im Alter von 4 - 16 Jahren entwickelt, die analog zur Intelligenzmessung von Binet eine Feststellung der motorischen Begabung und Diagnose frühkindlicher Hirnschäden sowie die Abgrenzung verschiedener Schwachsinnformen ermöglichen sollten. Der motorische Entwicklungsstand wurde unter Bezug auf das chronologische Alter in einem Quotienten ausgedrückt.
Der Oseretzky-Test wurde von verschiedenen Autoren weiterentwickelt. Die erfolgreichste und bekannteste Revision stellt die Lincoln-Oseretzky-Motor-Development-Scale von W. Sloan dar (16,62). Auch im deutschsprachigen Raum be-

schäftigte man sich insbesondere im Rahmen der Entwicklung einer Testbatterie für geistig behinderte Kinder mit der LO-Skala (15).

Möglichkeiten der Diagnose von Entwicklungsstörungen sind gegeben. Sicherlich wird man aber für eine differenziertere Aussage noch andere Verfahren entwickeln müssen (16).

Ebenfalls schon sehr früh versuchte man, mit Hilfe psychomotorischer Testaufgaben Aussagen über die Berufseignung machen zu können.
Die Annahme war, daß die Tests umso genauere Vorhersagen machen könnten, je ähnlicher sie der Arbeit waren (13,46, 64). Es zeigte sich, daß Finger- und Handgeschicklichkeitstests manchmal valide Kriterien waren für Berufe wie Uhrenmacher, Elektriker u.a.
Besonders bedeutsam war dies im 2. Weltkrieg, als mit Hilfe komplexer Apparaturen, die die Situation im Cockpit nachahmten, die Piloten der US Air Force ausgewählt wurden. Zur Anwendung kamen hauptsächlich Tests, die die Koordinationsleistung prüften, z.B. der Complex Coordination Test, der Stick and Rudder Control Test (13,23). Untersuchungen aus anderen Ländern haben die Validität bestimmter psychomotorischer Aufgaben bei der Vorhersage der Flugkunst bestätigt (23).
Die meisten jetzt im Handel befindlichen Tests für motorische Fertigkeiten prüfen nur sehr einfache Bewegungsabläufe, wie z.B. der Purdue Pegboard Test. Tests dieser Art werden benützt, wenn es um die Auswahl von Arbeitskräften für einfache Zusammensetztätigkeiten, Verpackung und Routinebedienung von Maschinen geht. Die Erstellung multipler Fähigkeitsbatterien war das direkte Ergebnis der faktorenanalytischen Forschung (3). Die in den Jahren 1935-1944 erarbeiteten Einzeltests wurden zu einer Testbatterie, der General Aptitude Test Battery (GATB) des US Employment Service zusammengefaßt und später nochmals überarbeitet. Ihr entspricht bei uns das EEU Verfahren

(= einfache Eignungsuntersuchungen für die psychologische Leistung der Bundesanstalt für Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung), sowie das Giese-Test-System. Allen Eignungstests gemeinsam ist ihre Zielsetzung, nämlich für bestimmte Berufe die geeignetsten Bewerber auszulesen und für bestimmte Menschen die geeignetsten Berufe zu finden. Neben der verbalen und numerischen Intelligenzleistung werden die mechanische Begabung sowie allgemeine und spezifische Handgeschicklichkeiten gemessen (47). Die Hauptschwäche der derzeitigen Batterien ist ihre wenig ausgeprägte differentielle Validität (3). Die Validitätskoeffizienten liegen zwischen 0,2 und 0,6 (47).
Die psychomotorischen Angaben sind meist weniger relevant als die intellektuellen. Einfache und gleichförmige Tätigkeiten, die sich auch am besten zur Automation eignen, lassen sich besser vorhersagen als komplexe und abwechslungsreiche (13,47).

2. Testformen und Faktoren der Feinmotorik

Wohl mitbedingt durch ihre klare Abgrenzung von anderen Merkmalsbereichen zählt die Psychomotorik zu den faktorenanalytisch am besten erforschten Bereichen individueller Differenzen (50).
Frühe Übersichten gaben Seashore (59) und Fleishman (20, 21). Mit Hilfe von Versuchen, bei denen mehr als 200 verschiedene Aufgaben von Tausenden von Versuchspersonen - hauptsächlich Rekruten der US Air Force - durchgeführt wurden, konnte man eine relativ kleine Anzahl von Fähigkeiten isolieren (23,24).
Insgesamt sind jetzt 11 Faktoren der Psychomotorik bekannt, von denen 9 der Feinmotorik im engeren Sinne angehören (13,57).

Am besten gesichert ist der Faktor P s y c h o m o t o r i s c h e K o o r d i n a t i o n (Multilimb Coordination), der in nicht weniger als 15 verschiedenen Faktorenanalysen gefunden wurde (50). Er beschreibt die Fähigkeit, gleichzeitig die Bewegungen verschiedener Körpergliedmaßen zu koordinieren. Er wird hauptsächlich mit Hilfe des Complex Coordination oder Stick and Rudder Control Tests gemessen, aber auch das Drehscheiben-Nachfahrgerät (pursuit rotor) und der Zweihandprüfer gelangen zur Anwendung (21,22b,23,50).

Im Unterschied dazu verlangt der Faktor P r ä z i s i o n s k o n t r o l l e (control precision) noch feinere Kontrollbewegungen. Zur Messung wird hauptsächlich der Pursuit Rotor verwendet, aber auch der Complex Coordination Test (22b,23,24). Beim Pursuitmeter folgt die Vp. mit einem Kontaktstift einem Punkt auf einer rotierenden Scheibe, im Koordinationstest soll sie auf Lichtsignale hin, die auf einer Tafel vor ihr aufleuchten, Stab und Rudderpedale koordinieren.

Mit dem Faktor A r m - H a n d - S t e t i g k e i t (arm-hand steadiness) wird die Fähigkeit gemessen, präzise und ruhige Bewegungen auszuführen, bei denen Kraft und Geschwindigkeit auf ein Minimum reduziert sind. Außerdem schließt der Faktor auch Aufgaben mit ein, die die Aufrechthaltung einer Armposition im Raum verlangen (20,21, 22a,23,24).

Bei Seashore et al. ist er in drei Einzelkomponenten, die den drei Bewegungsrichtungen entsprechen, aufgespalten (61). Gemessen wird der Faktor mit Hilfe von Aufgaben, bei denen ein Stift einen gewundenen Schlitz entlang geführt oder in Öffnungen abnehmender Größe gehalten werden muß, ohne die Seitenwände zu berühren. Die Art, wie der Stab gehalten wird, und ob der Arm gebeugt oder gestreckt wird, wirkt sich signifikant auf das Ergebnis aus (12). Meist einheitlich wird über eine amplitudensteigernde Wirkung der Abstützung auf den Tremor berichtet. Die kürzeren und auch leichteren Körperteile wie z.B. die Finger unterliegen

offensichtlich höheren Beschleunigungen als der ganze Arm. Der ausgestreckte Finger weist eine höhere Tremorrate auf als der ausgestreckte Arm, da distale Teile der Extremitäten höhere Eigenfrequenzen besitzen (27,55).

In früheren Untersuchungen wurde der Faktor H a n d - g e l e n k - F i n g e r - G e s c h w i n d i g k e i t (wrist-finger speed) einfach K l o p f e n (tapping) genannt und war ein Maß für die Oszillationsgeschwindigkeit von Arm oder Finger (20,29,59). Man stellte jedoch fest, daß der Faktor offensichtlich doch nicht so spezifisch war, und die Betonung liegt jetzt mehr auf der Beugungsgeschwindigkeit des Handgelenks (21,23,24,25). Je kleiner die Fläche, auf die geklopft werden soll, desto niedriger werden die Faktorenladungen, stattdessen ergeben sich hohe Ladungen des Faktors Zielen, d.h. die Augen-Hand-Koordination scheint nicht von Bedeutung zu sein (23,25, 29). Untersuchungen haben ergeben, daß zweihändige nicht symmetrische Bewegungen nicht so schnell und alternierende Bewegungen sogar wesentlich langsamer sind als symmetrische (39).

Der Faktor R e a k t i o n s o r i e n t i e r u n g (response orientation) wird in Aufgaben gefunden, die ein rasches Urteilsvermögen verlangen, z.B. die Beantwortung verschiedener optischer und akustischer Signale durch entsprechende Bewegungen im sog. Discrimination Reaction Time Test. Ein Räumlichkeitsfaktor ist in der Antwortauswahl, nicht aber unbedingt im Reizmuster enthalten (22b,23,24).

Der Faktor R e a k t i o n s g e s c h w i n d i g - k e i t (reaction time) mißt die Schnelligkeit, mit der einfache optische oder akustische Reize beantwortet werden (20,21,22b,23,24,59).

Der Faktor G e s c h w i n d i g k e i t v o n A r m b e w e g u n g e n (speed of arm movement) ist definiert als die Geschwindigkeit, mit der einzelne Armbewegungen ausgeführt werden können. Zur Messung werden Aufgaben benutzt, bei denen mit zwei Stiften auf zwei Metallplatten, die einen Mindestabstand von 16 cm haben

müssen, geklopft wird (21,22b,23,24).
Der Faktor S c h n e l l i g k e i t s k o n t r o l l e (rate control) erscheint in Aufgaben, in denen man Geschwindigkeitsänderungen einer beweglichen Zielscheibe schätzen und eigene Bewegungen anpassen muß (21,22b,23, 24).
Der Faktor H a n d g e s c h i c k l i c h k e i t (manual dexterity) lädt Tests, bei denen es auf die Geschwindigkeit und Genauigkeit von Arm-Hand-Bewegungen beim Umgang mit größeren Objekten ankommt; ein bekannter Test ist der Minnesota Rate of Manipulation Test, in dem man Holzblöcke so schnell wie möglich in ein Brett stecken muß (20,21,23,24,25).
Im Unterschied zur Handgeschicklichkeit kommt es beim Faktor F i n g e r g e s c h i c k l i c h k e i t (finger dexterity) auf die Geschwindigkeit und Genauigkeit beim Manipulieren mit kleinen Objekten an. Typische Tests sind z.B. der O'Connor Finger Dexterity oder der Purdue Pegboard Test. In diesen Tests müssen Stifte mit einer Pinzette aufgenommen und in ein Steckbrett gesteckt werden (20,21,23,24,25).
Mit dem Faktor Z i e l e n (aiming) wird die Fähigkeit gemessen, schnelle und genaue Bewegungen auszuführen, bei denen es auf die Augen-Hand-Koordination ankommt.
Im Gegensatz zum Handgelenk-Finger-Geschwindigkeitsfaktor nimmt die Faktorenladung zu, wenn der Durchmesser der Ziele abnimmt (20,21,23,24,25,29).
Manchmal wird auch noch ein H ä n d i g k e i t s - f a k t o r erwähnt (29,64). Der Faktor wird gemessen, indem man einfache Aufgaben mit der nicht dominanten Hand ausführen läßt.

Die identifizierten Eigenschaften sind voneinander verschieden. Jemand, der in einer der Eigenschaften hohe Testwerte erzielt, erreicht sie nicht unbedingt auch in irgendeiner der anderen (64). Die Korrelationen zwischen den einzelnen Tests sind trotz hoher Stabilität recht

gering. Nach einer Untersuchung von Fleishman liegen von 780 Korrelationen zwischen 40 Tests 374 unter 0,2 - d.h., es besteht praktisch kein linearer Zusammenhang. Nur 80 Korrelationen erreichen einen größeren Wert als 0,4 (46). Daran wird klar, daß es unmöglich ist, mit einem Test alle motorischen Fähigkeiten zu erfassen. Schon geringfügige Änderungen der Testanordnung führen zu einem Absinken der Korrelation. So ist die Korrelation zwischen einer Stetigkeitsaufgabe, bei der ein Stift in eine Öffnung gehalten und einer, bei der ein Schlitz durchfahren werden muß, nur 0,47 (47).

3. Lernprozesse, Übung, Reliabilitäten

a) Theoretische Modelle von Lernprozessen

Bryan und Harter waren die ersten, die 1897 die Änderung der Leistung im Laufe einer Übungsreihe beobachteten. Sie beschrieben zwei Telegraphisten beim Erlernen des Morsealphabets. Die auftretenden Lernplateaus erklärten sie sich damit, daß die bisher angewandte Arbeitsweise automatisiert und zu einer hierarchisch höher stehenden Verhaltensweise übergegangen würde (34,66).
Obwohl das Auftreten echter Lernplateaus in Frage gestellt und lediglich als Grenze der Leistung unter den vorherrschenden lernspezifischen und situationsabhängigen Bedingungen verstanden wird, ist das hierarchische Ordnungsprinzip beim Erlernen von Fertigkeiten auch in den heutzutage vertretenen Modellvorstellungen enthalten (19,64).

Fitts beschreibt drei Stadien (18,19):

1. Die cognitive Phase, in der der Proband mit der Aufgabe vertraut gemacht wird und Verständnis für die

Aufgabe entwickelt. Er muß auf kinästhetische und visuelle Signale achten. Alle motorischen Lernprozesse haben diese Lernphase, wenn sie auch bei einigen formlos bewältigt wird.

2. In der assoziativen Phase erfolgt die Integration der in der ersten Phase gemachten Erfahrungen. Falsche Gewohnheiten, die aus früheren Erfahrungen in den Lernprozeß miteingebracht worden sind, müssen eliminiert und durch neue Verhaltensweisen ersetzt werden.

3. In der autonomen Phase schließlich ist die cognitive Kontrolle nicht mehr so stark. Die Fähigkeit wird in zunehmendem Maße automatisiert, indem niedrigere Gehirnzentren die Kontrolle übernehmen, besonders die des Kleinhirns (64). Ist die Fertigkeit erst einmal gelernt, dann wird sie nicht mehr von so vielen nebensächlichen Reaktionen begleitet und ist nicht mehr so stark durch Emotionen beeinflußbar (12).

Der Lerngewinn steigt über lange Übungsperioden hinweg an. Abhängig von der zu lernenden Aufgabe wird die Endphase erst nach Wochen oder Jahren erreicht.
Der Erwerb von Fertigkeiten läuft kontinuierlich ab. Auf Grund von Verschiebungen in Strategien, in Reaktionsveränderung und in der Art der Integration ist es möglich, diskrete Phasen im Lernprozeß zu unterscheiden, in denen unterschiedliche Lernprinzipien vorherrschen (4,12).
Manche Autoren stellen die strenge Unterteilung in verbales und motorisches Lernen in Frage (5,31). So schreibt Heimstra, daß es nur wenige Aufgaben gibt, die als rein motorisch bezeichnet werden können, da verbale Komponenten am Erwerb beinahe jeder motorischen Geschicklichkeit beteiligt sind. Diese verbalen Komponenten reichen von formaler Instruktion betreffs der Ausführung der Aufgabe bis zur Verbalisierung in Selbstgesprächen. Außerdem kann das Feedback einer Aufgabe verbaler Natur sein. In der Tat stellt das Verhältnis zwischen verbaler Instruktion und motorischer Leistungsentwicklung ein noch wenig erforsch-

tes Gebiet dar (4,12).

b) Definition von Übung

Früher wurde Übung teilweise als selbständige allgemeine Grundeigenschaft der psychologischen Persönlichkeit angesehen (Kräplin, Giese zit. nach Kern 40).
In der modernen Lerntheorie betrachtet man Übung als funktionales Element der angewandten Lernpsychologie (30, 71).
Im deutschsprachigen Raum bezeichnet Übung v.a. die quantitativ-qualitative Verbesserung von Tätigkeiten durch häufige, auch systematische Wiederholungen (14) oder die spezifische Leistungssteigerung durch willkürliche Wiederholung einer Leistung (63).
Das Lernen ist als die durch Übung hervorgebrachte relativ überdauernde Veränderung im Verhalten definiert. Man kann deshalb das motorische Lernen als eine stabile Veränderung auf der Stufe der Fertigkeiten als ein Resultat wiederholter Versuche bezeichnen (12). Eine kopierende Wiederholung erbringt nur wenig Nutzen, sie kann sogar erzielte Lerneffekte durch psychische Sättigung wieder abbauen. Jede Wiederholung soll deshalb möglichst zu einer neuen Lernsituation gestaltet werden. Die angloamerikanische Definition von Übung wird diesem Anspruch besser gerecht. Sie sieht Übung als aktionsprogrammatische Probeausführung, die gemäß einer aufgaben- oder zielorientierten Voreinstellung aus dem Reaktionspotential selektiv abberufen werden kann. Als Übungseffekt ist dann jeder quantitative oder strukturelle Leistungszuwachs aufzufassen, sofern er durch wiederholte Reizdarbietung, Problemexposition sowie durch variierendes Antwortverhalten zustande kommt (30). Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Übungsarten findet sich bei Giese (28). Er unterscheidet zwischen

1. Vorübung i.S. des Sichanpassens an die Versuchslage
2. Berufsübung

3. Oberflächenübung von elementaren und peripheren Funktionen
4. Biolog. Entwicklungsübung i.s. psychophys. Persönlichkeitsentfaltung
5. Fertigkeitsübungen (= Dressur)
6. Pseudo- oder Trickübung
7. Paradoxübung (= Leistungsverschlechterung)
8. Immanente Übung (= zunehmende Ökonomie der Leistung, die aber nicht durch Leistungssteigerung zutage tritt).

Etwas kürzer und nicht nur auf die motorische Übung anwendbar, beschreibt Meili (46) als mögliche Ursachen einer Verbesserung:

1. daß der Prüfling beim erstenmal die Aufgabe nicht richtig verstanden hat
2. daß der Effekt durch eine allgemein bessere Anpassung bewirkt worden ist
3. Erinnerungen an Lösungen, die vielleicht schon beim ersten Versuch gefunden wurden
4. eine Verbesserung der Arbeitsmethode.

Faktor 4 braucht längere Zeit, um wirksam zu werden, die anderen machen sich schon im Verlauf des 1. Versuchs oder dann im 2. voll bemerkbar.
Ferner schreibt er, daß der Einfluß einer Übungsleistung hauptsächlich deutlich wird, wenn entweder die Rangfolge der Vpn. durch die Testwiederholung verändert wird oder die Mittelwerte der Leistungen ansteigen.
In gewissen Untersuchungen wurde festgestellt, daß die Unterschiede zwischen guten und schlechten Leistungen geringer wurden, da Personen mit niedrigem Anfangsniveau höhere absolute Verbesserungen erzielen (40,45). Der relative Rang innerhalb einer Gruppe kann jedoch davon unbeeinflußt bleiben (59). Übung bei verhältnismäßig einfachen Bewegungsaufgaben führt im Gegensatz zu komplexeren Aufgaben gewöhnlich nicht zu einer zunehmend merkbaren individuellen Varianz (12).

c) Korrelations- und faktorenanalytische Untersuchungen des Übungsverlaufes

Perl (1934) war der erste, der die Korrelationen in verschiedenen Übungsstadien einer Aufgabe untersuchte. Er fand, daß die Korrelationen immer geringer wurden, je weiter die Versuche auseinanderlagen. Dieses Korrelationsmuster ist als superdiagonale Form bekannt (4).
Wichtige Beiträge lieferten auch Woodrow und Reynolds (51,72). Sie fanden, daß die Korrelation zwischen dem Anfangsversuch und allen folgenden immer geringer wurde, während die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Versuchen systematisch antieg. Reynolds fand außerdem noch eine abnehmende Korrelation zwischen Leistungen, die mit Hilfe eines Complex Coordination Testes bestimmt wurden und Papertests. Er folgerte daraus, daß die Ausführung der Aufgaben zunehmend einfacher und das Verhalten spezifischer wurde. In jüngerer Zeit fand Jones, daß sogar das Einschieben von Ruhepausen die Tendenzen nur wenig stören konnte (12).
Jones legte dar, daß die superdiagonale Form für komplexe Aufgaben weniger typisch ist und schlug zwei sich ergänzende Lernprinzipien vor: Bei einfachen Aufgaben eine zunehmende Vereinfachung, so daß es zuletzt keine individuellen Unterschiede mehr gibt und nur noch zufällige Fehlervarianz übrigbleibt. Bei komplexen Aufgaben entstehen aus einfachen Elementen Verhaltenseinheiten, die bis zu einem gewissen Grad charakteristisch für das Individuum sind und möglicherweise seine einzigartige Arbeitsmethode wiederspiegeln (38).
Fleishman zeigte in faktorenanalytischen Untersuchungen, daß sich mit fortschreitender Übung die Faktorenstruktur bestimmter Tests ändert. Die Ergebnisse wurden anhand von Prüfungen komplexer Koordinationsleistungen gewonnen (26). Anfangs spielten nicht-motorische Faktoren wie Raumvorstellung, Wahrnehmungsvermögen eine größere Rolle, während

nach dem 5. Durchgang die Bedeutung testspezifisch motorischer Faktoren zunahm. Anfangs belief sich der Anteil motorischer Faktoren auf nur 29,5%, der der nicht-motorischen auf 46,1% der Aufgabe. Am Ende lauteten die Zahlen 74,5% und 10,5%.
Andere Autoren bezweifeln diese Aussage und meinen, daß die Faktorenladung einer Aufgabe konstant bleibe und sich nur die Faktorenwerte eines Individuums ändern (11).
Jones bemerkte, daß es nicht zulässig sei, Durchgangsstadien einer Fähigkeit in einer einzelnen Aufgabe mit Faktoren zu vergleichen, die aus faktorenanalytischen Untersuchungen von Aufgabenbatterien für Bewegungsleistungen herausgezogen worden sind (37).
Festzuhalten bleibt jedoch, daß die Lerneffekte zweierlei Art sind: Neben der globalen Leistungsverbesserung kommt es auch zu einer Änderung der psychologischen Qualität der Leistung. Faktoren, die zu Beginn einer Übungsreihe die Leistung in hohem Maße bestimmen, verlieren mit fortschreitender Übung an Bedeutung, gleichzeitig treten andere Faktoren in den Vordergrund, von denen die Leistung ursprünglich nur geringfügig abhing (50).

d) Faktoren, die den Lerneffekt beeinflussen

Organische Determinanten sind z.B. Alter, kardiovaskuläres System, Atmung, Hormone, Rezeptorstrkturen (59), ferner der Grad der Vorübung (27).
Diese Faktoren sind für das einzelne Individuum mehr oder weniger als konstant anzusehen. Durch die Versuchsplanung und Art der Durchführung hingegen unmittelbar beeinflußbar sind:

Art der Aufgabe

Es hat sich gezeigt, daß komplexe Tests stärkere Leistungsverbesserungen aufweisen als einfache wie z.B. Tapping (29,46).

Reihenfolge der zu lernenden Aufgaben

Es erwies sich als günstig, mit der Aufgabe zu beginnen, die die größte Aufmerksamkeit und Anstrengung erfordert (69).

Tageszeit der Testdurchführung

Laut Cronbach (13) kann man davon ausgehen, daß gleich gute Resultate erzielt werden, die unabhängig von der Tageszeit sind, wenn die Probanden bereit sind, ihr Bestes zu geben. Ermüdungserscheinungen beeinflussen weniger direkt die tatsächliche Leistungsfähigkeit als vielmehr die Motivation.

Art der Versuchsanleitung

Grob lassen sich viererlei Arten unterscheiden:
Demonstration mittels Bild oder Film
Manuelle Hilfe
Verbale Instruktionen, die a) das mechanische Prinzip erklären oder b) die Natur der Aufgabe verstehen lernen
Schriftliche Instruktion.

Ein Vergleich der verschiedenen Kommunikationsmöglichkeiten zeigt, daß Bilder für viele Anfänger ein wertvolles Hilfsmaterial sein können. Die Demonstration kann jedoch nur in dem Ausmaß kopiert werden, in dem der Lernende sich mit dem Vormachenden identifizieren und sich selbst in der Rolle des Ausführenden sehen kann. Die Wirksamkeit eines durch Führung unterstützten Übens ist im großen und ganzen abhängig von der gestellten Aufgabe und dem Kriterium der Lerneffizienz. Detaillierte verbale Instruktionen sind nur von geringem Nutzen, v.a. bei Lernaufgaben mit schnellen Bewegungen (6,12).
Bei einer eingehenden Untersuchung der Instruktionsphase eines Figurenlegetests kam man u.a. zu dem Ergebnis, daß - wenn man bei gleichem Versuch und Instruktionswortlaut von mündlicher zu schriftlicher Instruktionsgebung überging - sich Art und Ausmaß der Regelbeachtung nicht wesentlich änderten. Auch die Möglichkeit der Rückfrage bei mündlicher Instruktion wirkte sich nicht aus. Jedoch zeigt sich bei

der qualitativen Analyse des Versuchs, daß die objektiv durch die Instruktion gegebenen und die vom Probanden subjektiv erlebten Versuchsbedingungen häufig differierten (53).

Feedback

Es können zweierlei Formen unterschieden werden:

1. Eigentliches oder echtes Feedback, z.B. empfängt die Vp. kinästhetische Information von den Muskelspindeln oder sammelt optische Eindrücke. Im allgemeinen ist visuelles Üben manuellem oder kinästhetischem Feedback überlegen (12). In einer Tappingaufgabe konnte gezeigt werden, daß trotz Ausfall aller peripheren Sinne 89,5% der Normwerte erreicht werden konnten (43).
2. Ergänzendes Feedback = Information über die Richtigkeit oder Genauigkeit, die entweder während oder erst am Ende der Aufgabenlösung gegeben werden kann. Ihre Wirkung hängt von der Anzahl, Genauigkeit und dem Zeitpunkt ab, zu dem die Mitteilung gemacht wird. Die Lernrate ist hierbei abhängig von der absoluten Versuchszahl, nach der die Information gegeben wird (8). Die Verallgemeinerung, daß - je genauer die Information, desto größer ihre Wirkung - gilt nicht immer. In Untersuchungen hat sich gezeigt, daß Auskünfte wie 'zuviel' - 'zu wenig' effektiver sind als nur 'richtig' - 'falsch', aber die Übermittlung weiterer Einzelheiten nur noch wenig Einfluß auf das Leistungsniveau hat (7,65).
   Nach Adams sind das periphere propriozeptive Feedback und die visuelle und auditive Information auf den verbal-motorischen Anfangsstufen des Fertigkeitserwerbs wichtig; auf den späteren Lernstufen kommt es zu weiteren Leistungen und Lernen, nicht aufgrund von Feedback-Ketten, sondern aufgrund des Funktionierens von closed-loops (geschlossenen Schleifen) im Nervensystem, die durch ein vorprogrammiertes Vorstellungsbild aus dem Kortex ausgelöst werden (1).

Pausen

Besonders in der Nachkriegszeit beschäftigte man sich mit der Frage, ob massiertes oder verteiltes Lernen besser sei. Man gelangte schließlich zu der Überzeugung, daß diese Variable nicht so sehr den Lernprozeß bestimmte, als lediglich Einfluß auf die konkrete Lernsituation hatte (35). 1960 fand Mohr, daß zu diesem Thema 45 Studien vorliegen. 40 begünstigten verteiltes, 3 massiertes Lernen, und 2 fanden keine signifikanten Unterschiede (6). Aufgaben vorrangig motorischer Natur werden wohl am besten aufgrund massierten Übens gelernt, wohingegen Aufgaben, die eine visuell motorische Koordination erfordern, durch verteiltes Üben am günstigsten beeinflußt werden (12). Pausen sollen im allgemeinen das Verschwinden negativer Einflüsse wie Ermüdung, Interferenz, reaktiver Hemmung bewirken. Ermüdungserscheinungen können sowohl neuromuskulärer als auch geistiger Natur i.S. eines Nachlassens der Motivation sein (69). Während der Zeit der Aneignung einer motorischen Fähigkeit schaffen wahrscheinlich kurze Übungsperioden mit eingestreuten Pausen eine Lernsituation, die kontinuierlichen Fortschritt ermöglicht. Einiges spricht dafür, daß der Lernprozeß weitergeht, selbst wenn während einer bestimmten Übungsperiode ein rascher Rückgang der Leistung in einer motorischen Fähigkeit eintritt, die erst gelernt wird (64).

Motivation und Ich-Beteiligung

Es gibt sicherlich kaum psychologische Prüfverfahren, die weitgehend unabhängig von der Einstellung des Probanden zur Testdurchführung sind. Fast immer geht seine Bereitwilligkeit zur Zusammenarbeit mit dem Testleiter und die Stellungnahme zu der vermuteten Bedeutung der Untersuchung mit ein (67). Die Bedingungskonstanz von Tests kann durch unterschiedliche Ich-Beteiligung der Vpn. beeinträchtigt sein. In erster Linie scheinen einfache psychomotorische Aufgaben anfällig zu sein sowie Aufgaben, die für den Probanden wenig Aufforderungscharakter haben. Der Grad der Ich-Beteiligung hängt von einer Vielzahl von Faktoren

ab, z.B. der Art der Instruktion, Bewertung des Tests durch den Probanden, Bedeutung, die das Testergebnis und die psychodiagnostische Situation allgemein für ihn hat, von der Person und dem Rollenverhalten des Testleiters, Atmosphäre der Testsituation ...
Fragt man nach dem Verhältnis von Ich-Beteiligung und Leistungsgüte, so wird man sagen können, daß eine mittlere Ich-Beteiligung zu den besten Ergebnissen führt (54). Ein Persönlichkeitszug scheint ebenfalls der Leistung zahlreicher Fertigkeiten zugrunde zu liegen. Individuen, die im allgemeinen, egal vor was für einer Aufgabe sie stehen, nach Erfolg streben, werden immer höhere Scores in Tests für Bewegungsfertigkeiten erzielen (12).
Bei der Frage des Übungsgewinns wird häufig mit zu mechanistischen Denkmodellen gearbeitet und die Frage außer acht gelassen, wie der Proband für die Testwiederholung motiviert ist. Gerade das dürfte in vielen Fällen die eigentlich entscheidende Wirkgröße sein. Ist die Testwiederholung ein 'nochmal das gleiche tun', etwas Sinnvolles oder dient sie der Feststellung der Wiederholungszuverlässigkeit? (54)

e) Spezielle Ergebnisse zum Lerneffekt der im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten Aufgaben (s.aII,2)

Steadiness

Schon Giese (28) machte Untersuchungen zum Übungsgewinn bei Aufgaben, die Ruhe und Treffsicherheit der Hand prüften. Er benützte das Tremometer, bei dem der Proband verschiedene Öffnungen in einer horizontal gestellten Platte treffen mußte, ohne die Seitenwände zu berühren. Die Versuche wurden wochenlang durchgeführt, und es zeigte sich kein regelrechter Übungsanstieg.

Aiming

Greene (29) berichtete, daß - nachdem er die einminütigen Versuche an vier aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt

hatte - eine Verbesserung der Mittelwerte um 20% auftrat. Die Varianzen stiegen ebenfalls an, jedoch weniger als die Mittelwerte. Außerdem beobachtete er Änderungen im Bewegungsablauf. Anfangs waren die Bewegungen unregelmäßig und weit ausholend, gegen Ende hingegen gezielter, weniger kraftvoll und zeigten einen regelmäßigen Rhythmus. Sein Kollektiv bestand aus 394 Schulkindern.

Tapping

Der Faktor Tapping wurde weniger im Zusammenhang mit Übung als mit Begriffen wie Intelligenz, Extra-Intraversion oder Leistungsmotivation untersucht (17,70). Hoffman (33) untersuchte die Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Er fand, daß in einem 10 sek. Versuch die Männer signifikant schneller waren ($p \leq 0{,}01$). Er bemerkte hierzu, die Tatsache, daß Frauen nicht allgemein schlechtere Leistungen zeigen bei motorischen Aufgaben, die wenig Muskelkraft erfordern, führe zu der Annahme, geschlechtsspezifische Unterschiede gäben eine bestimmte soziale Konditionierung wieder (12). (Sind vielleicht mehr restringierte Bewegungen weiblicher?) Biologische Faktoren schloß er aber nicht aus.

Bei Giese (28) zeigten Wiederholungen am zweiten Tag einen Zuwachs von vier Schlägen bei einer Versuchsdauer von 15 Sekunden und Prüfung der Einzelhand. Greene berichtete über einen Leistungszuwachs von 22% nach vier Versuchen innerhalb von vier Tagen (29).

f) Reliabilitäten psychomotorischer Aufgaben

Die Reliabilität wird durch Wiederholungseinflüsse und alle genannten Faktoren, von denen das Testergebnis abhängig ist, beeinflußt. Daneben spielen noch Fehlervariationen seitens der Meßinstrumente eine Rolle, wenn sie über einen längeren Zeitraum hinweg benutzt werden. So können z.B. elektrische Kontaktstellen nicht korro-

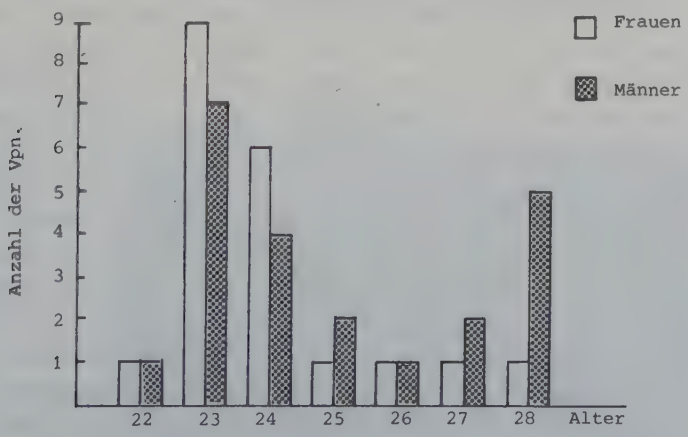
sionsbeständig sein und auf Luftfeuchtigkeit reagieren. Sie müssen deshalb von Zeit zu Zeit geeicht werden (23). Im allgemeinen werden für psychomotorische Tests recht hohe Retest-Reliabilitätskoeffizienten angegeben. Als Ursache werden u.a. die Konstanthaltung individueller Differenzen (32) und die Homogenität motorischer Tests, die oft nur ein Testitem enthalten, angegeben (48). Besonders hoch sind die Koeffizienten einfacher Tests, die einen spezifischen Faktor messen und deren Lernperiode kurz ist (46). Bei Fleishman (21) finden sich folgende Halbierungskoeffizienten:
Steadiness O,84; Liniennachfahren O,91; Aiming Treffer O,92; Fehler O,99; Tapping O,93.
Bei Apparate-Tests hingegen treten bei der Bestimmung der Intra- und Retestreliabilität Probleme auf, da die Versuchspersonen im Laufe der Versuche häufig Verbesserungen zeigen (23).
Ebenfalls von Bedeutung sind die Änderungen der Faktoren und Korrelationen, so daß die Ergebnisse einer Versuchsreihe nicht unbedingt gleichwertig sind. Wenn sich Übungen über längere Zeit erstrecken, ist es deshalb wünschenswert, die Reliabilitätskoeffizienten im frühen, mittleren und späten Übungsabschnitt zu bestimmen. Sie steigen mit zunehmender Übung an (23).

III METHODIK

1. Versuchspersonen

Bei der Wahl der Stichprobe galt es, wichtige Determinanten der motorischen Übbarkeit wie Lebensalter, Intelligenz, Grad der Vorübung zu berücksichtigen.
Das Versuchskollektiv setzte sich deshalb ausschließlich aus Medizinstudenten im Alter von 22 - 28 Jahren zusammen. Das Durchschnittsalter betrug 24,5 Jahre. Von 42 Probanden waren 22 männlich und 20 weiblich. Alle befanden sich zum Zeitpunkt der Testung in gutem Allgemeinzustand und nahmen keine Medikamente ein.
Eine derart homogene Stichprobe ermöglicht auf Grund der geringen Testwertstreuung eine genauere Aussage und Interpretation hinsichtlich eines Lerneffektes als randomisierte Stichproben mit weitem Geltungsbereich.

Abbildung 1.1: Altersverteilung der Versuchspersonen



2. Testapparate und Testaufgaben

Wir benutzten für unsere Untersuchungen die von Herrn Dipl.-Psych. Karl-Josef Schoppe, Bonn, entwickelte motorische Leistungsserie, die von der Firma Dr. G. Schuhfried, Wien, hergestellt wird (57,58).
Das Gerät besteht aus einer Registriereinheit und einer Arbeitsplatte, beides in einem tragbaren Koffer (34x34x16 cm) untergebracht.
Auf der Arbeitsplatte sind fünf Grundtypen motorischer Tests kombiniert: Steadiness, Liniennachfahren, Aiming, Tapping, Umsteck-Test (s. Abb. 2.1).
Als Zusatzgerät kann ein Pursuit Rotor angeschlossen werden.
Da die motorischen Prüfungen sowohl rechtshändig, linkshändig und teils auch beidhändig erfolgen können, ergeben sich insgesamt zwölf verschiedene Testkombinationen. Alle Tests sind bei horizontaler oder vertikaler Lagerung der Arbeitsplatte durchführbar.
Auf der Registriereinheit läßt sich das gewünschte Testprogramm durch Eindrücken der Funktionstaste des durchzuführenden Testes und anschließender Freigabe der automatisch gesteuerten Messung durch eine Starttaste einstellen (s. Abb. 2.2). Vier elektro-mechanische Zähler ermöglichen das Ablesen von maximal vierstelligen Zahlergebnissen. Die Meßimpulse werden erst ab einer elektronisch definierten Grenze gezählt.
Die Datenaufzeichnung kann von adaptierten Digitaldruckern, Tischcomputern oder Großrechnern übernommen werden.
Die Notwendigkeit zur Entwicklung eines derartigen Gerätes ergab sich aus der Arbeit des Erfinders mit behinderten Kindern.
Ein Hauptvorteil des Gerätes ist, daß es die objektive Messung aller in der Praxis wichtigen Faktoren der Feinmotorik ermöglicht. Die bisher angebotenen Geräte gestatteten nur die Messung von Einzelfaktoren. Auch erwies sich

ein Vergleich der Untersuchungsbefunde als schwierig, weil ihre elektronischen oder mechanischen Messungsarten nicht vergleichbar waren.

Abbildung 2.1

Arbeitsplatte der MLS

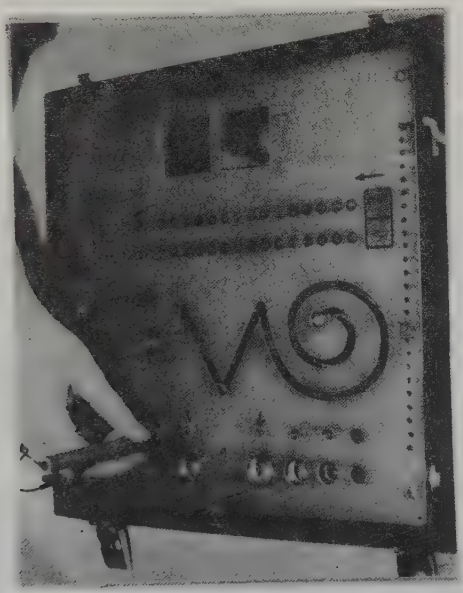
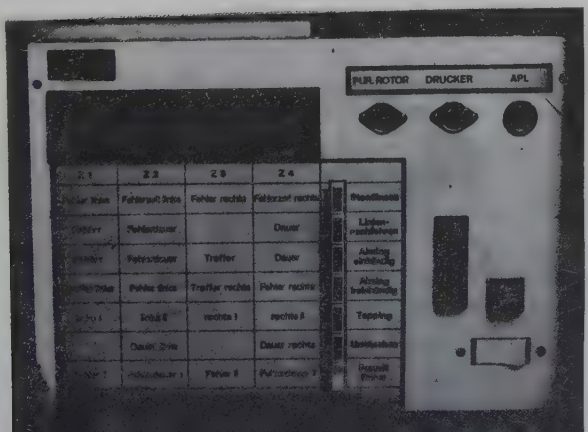


Abbildung 2.2

Registrier-einheit der MLS



Es folgt nun die Beschreibung der im Rahmen dieser Untersuchung angewandten Testaufgaben.
Sie wurden in der Reihenfolge, in der sie auf der Registriereinheit angeordnet sind, ausgeführt. Von jeder Aufgabe wurden sechs aufeinanderfolgende Versuche gemacht.

Steadiness

Zwei Metallgriffel sollten 32 Sekunden lang in zwei Öffnungen mit einem Durchmesser von 3 mm gehalten und Wandkontakte vermieden werden. Die Aufgabe wurde gleichzeitig beidhändig ausgeführt. Die Öffnung mit dem Durchmesser 3 mm wurde gewählt, weil sich nach Untersuchungen von Schoppe[+] hiermit eine Normalverteilung ergeben hat.
Für die Aufgabe Steadiness sind weiterhin die Durchmesser 20, 17,5, 12,5, 10, 9, 7, 6,5, 5 mm vorgesehen. Der Abstand zum Gerät betrug eine Armlänge. Die Arme durften nicht aufgestützt werden.
Nachdem der Proband auf "fertig" die Stifte gleichzeitig bis zur halben Griffelspitze (3mm) in die Öffnungen eingeführt hatte, wurde auf "los" das Zählwerk eingeschaltet.
Nach drei Versuchen wurde eine 32 Sekunden lange Pause eingelegt, in der nicht gesprochen oder eine andere Tätigkeit verrichtet werden durfte. Auch die Metallgriffel durften währenddessen nicht aus der Hand gelegt werden.

Gemessene Variablen:
Fehler (= Zahl der Wandkontakte)
Fehlerzeit (= aufsummierte Dauer der Wandkontakte in 1/10 Sek.),
jeweils für rechts und links getrennt aufgeführt.

[+] Schriftliche Mitteilung vom 23.12.75

Liniennachfahren

Die Aufgabe bestand darin, einer 1 cm tief in die Arbeitsplatte eingelassenen Spur nachzufahren, ohne die Seitenwände oder die Bodenplatte zu berühren. Der Stift hatte wie in der Aufgabe Steadiness eine metallene Spitze, die die elektrischen Impulse auslöste. Er sollte ungefähr 5 mm tief geführt werden. Durch kurzzeitige Berührung der Bodenplatte schaltet das Zählwerk ein und nach Durchfahren des Labyrinths wieder aus.
Die Anweisung lautete, so genau wie möglich im vorher gezeigten Tempo zu handeln. Aufgestützt werden durfte nur der ruhende (= linke) Arm.
Die sechs Versuche dieser Aufgabe wurden ohne Pause durchgeführt.

Gemessene Variablen:
Fehler (= Zahl der Wandkontakte)
Fehlerdauer (= aufsummierte Dauer der Wandkontakte in 1/10 Sek.)
Dauer (= Zeit, die zum Durchfahren benötigt wird in 1/10 Sek.)

Aiming einhändig

Die Aufgabe war, so viel wie möglich von 20 im Abstand von 0,5 cm nebeneinander angeordneten Kreisen mit einem Durchmesser von 0,5 cm zu treffen und so schnell wie möglich von Ziel zu Ziel zu eilen. Die Bewegungsfolge lief von rechts nach links.
Wie beim Liniennachfahren durfte nur der ruhende Arm aufgestützt werden, und die sechs Versuche wurden ohne Pause durchgeführt.

Gemessene Variablen:
Fehler (= Zahl der nicht getroffenen Kreise)

Fehlerdauer (= aufsummierte Dauer der Fehler in 1/10 Sek.)
Treffer (= Zahl der getroffenen Kreise)
Dauer (= Gesamtzeit des Versuchs in 1/10 Sek.)

Tapping

Auf zwei Metallplättchen (4x4 cm), die einen Abstand von 1 cm haben, sollte mit zwei Metallgriffeln 32 Sekunden lang geklopft werden.
Die Ellbogen waren auf dem Tisch aufgestützt, die Handgelenke seitlich am Gerät angelehnt.
Die Probanden bekamen die Anweisung, auf "los" so schnell wie möglich zu klopfen. Die Bewegungen sollten symmetrisch sein.
Nach drei Versuchen wurde eine 32-sek. Pause eingelegt. Sie wurde wie in der Aufgabe Steadiness gestaltet.

Gemessene Variablen:

Zahl der Schläge links	1. Versuchshälfte
	2. Versuchshälfte
Zahl der Schläge rechts	1. Versuchshälfte
	2. Versuchshälfte

Bei allen vier Aufgaben (Steadiness, Liniennachfahren, Aiming, Tapping) und unter allen Probanden war die Haltung der Stifte dieselbe: Mit drei Fingern sollte der Stift in der Mitte gehalten werden und zwar senkrecht zur Arbeitsplatte. Sie war horizontal auf einem Holztisch gelagert.
Auf eine spezielle Prüfung der Händigkeit wurde verzichtet. Beim Liniennachfahren und Aiming sollten die Probanden mit ihrer bevorzugten Hand arbeiten, die bei allen die rechte war.

3. Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung sollte den Testverhältnissen am Arbeitsplatz Rechnung tragen. Aus Gründen der Betriebsorganisation und Motivation der Untersuchten ist ein möglichst breitgefächertes, d.h. aussagekräftiges Untersuchungsprogramm in möglichst kurzem Zeitraum unterzubringen. Diese besondere Problematik sollte hier überprüft werden.
Da die Testdurchführung später in den betrieblichen Arbeitsprozess eingebaut werden muß, läßt sich eine höhere Versuchsanzahl als sechs nicht rechtfertigen; man müßte sonst auf diese Art der Testung verzichten. Wie schon unter II.3d) angeführt, ist das Ergebnis psychologischer Tests von der Art der Aufgabe und der Einstellung des Probanden abhängig.
Es ergab sich somit die Schwierigkeit, die Probanden hinreichend für die psychomotorischen Aufgaben zu motivieren, zumal sie ja in keiner Weise für sie persönlich relevant erschienen, wie z.B. das Ergebnis eines projektiven oder Intelligenztestes.
Es war deshalb sehr wichtig, dem Probanden genau den Zweck des Testes zu erklären, damit der in seinen Augen als durchaus brauchbares Instrument und nicht als bloße Spielerei erschien. Eine Kurzinformation erhielten die Testpersonen schon vorher. Beim Erscheinen zum Test folgte eine ausführliche Erklärung. Günstig hierfür wirkte die Testsituation im Einzelversuch. Außerdem war von besonderer Bedeutung, daß alle Versuchspersonen die Testleiterin kannten. Man kann annehmen, daß die Motivation bei allen gleich groß war.
Die Tests wurden innerhalb eines Zeitraums von zwei Wochen durchgeführt. Die Versuchsdauer pro Person betrug 25 Minuten, getestet wurde von 9 - 11 und von 14 - 16 Uhr. Die Unterschiede zwischen Vor- und Nachmittagsversuchen sind entscheidend für die spätere Anwendung, da arbeits-

medizinische Untersuchungen oft vor und nach einem Zeitraum von 4 - 5 Stunden durchgeführt werden (Dauer der Vormittagsschicht), währenddessen die Versuchspersonen den Einflüssen ausgesetzt sind, deren Wirkung auf die Psychomotorik untersucht werden soll.
Der Versuchsraum war ruhig und gleichmäßig temperiert (24°C). Das Betreten des Zimmers war erst nach Aufforderung gestattet. Manchmal wurde die Tür jedoch trotz dieses Hinweises kurz geöffnet.
Die Probanden wurden gebeten, Coffein, Alkohol und Nikotin am Versuchstag zu meiden. Außerdem sollten die Mahlzeiten, insbesondere das Mittagessen, mindestens zwei Stunden vor Versuchsbeginn eingenommen worden sein.
Die Versuchsanleitung erhielt jeder Proband einzeln und für jede Aufgabe getrennt. Während der mündlichen Erklärung, die sich nach einem schriftlich fixierten Text richtete, wurden die Versuche kurz vorgemacht. Auch wurde das Gerät kurz eingeschaltet, um ihn mit dem Geräusch des Zählwerkes vertraut zu machen.
Die Aufgaben wurden in der Reihenfolge durchgeführt, in der sie von oben nach unten auf der Arbeitsplatte und der Registriereinheit aufgezeichnet sind. (Steadiness, Liniennachfahren, Aiming, Tapping). Mit Ausnahme der 32-sek. Pause beim Steadiness und Tapping betrug der Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Versuchen einer Aufgabe fünf Sekunden, währenddessen die Ergebnisse in vorbereiteten Tabellen schriftlich festgehalten werden mußten.
Beim Steadiness, Liniennachfahren und Tapping wurde nach jedem Durchgang die Information "besser" oder "schlechter" gegeben. Auf genauere Zahlenangaben wurde verzichtet, da der Proband wohl kaum imstande gewesen wäre, innerhalb so kurzer Zeit einen realen Bezug zu einer zwei- bis dreistelligen Zahl herzustellen. Die Konzentration auf die motorische Aufgabe wäre dadurch beeinträchtigt gewesen.
Beim Aiming wurde die genaue Treffer- und Fehlerzahl mitgeteilt, da der Proband ja die höchstmögliche Trefferzahl schon vorher kannte. Zeitangaben wurden in Form von "lang-

samer", "schneller" gemacht.
Es wurde darauf geachtet, daß der Abstand zum Gerät während den Versuchen nicht verändert wurde.

4. Persönliche Stellungnahme der Versuchspersonen

Am Ende der Nachmittagsversuche wurden noch folgende Fragen an die Probanden gerichtet:

1. Bei welcher Aufgabe glaubst Du am meisten gelernt zu haben (mehrere Antworten möglich)?
2. Welche Aufgabe hat Dir am besten gefallen?
3. Welche am wenigsten?
4. Welche fandest Du am schwierigsten?
5. Welche am leichtesten?
6. Gab es in Deinem subjektiven Wohlbefinden Unterschiede zwischen Vor- und Nachmittag?

5. Langzeitversuch der Aufgabe Liniennachfahren

Liniennachfahren ist sicherlich die komplexeste und ansprechendste unter den vier Aufgaben. Die Aufgabe schien deshalb die geeignetste zu sein, um anschaulich den Verlauf einer Lernkurve darzustellen und die Stadien zu zeigen, die beim Erlernen einer motorischen Arbeit durchlaufen werden, wie sie von Fitts beschrieben wurden (s. II. 3a).
Es wurden deshalb zusätzlich 50 Versuche mit einer weiblichen Versuchsperson durchgeführt. Die Versuchsbedingungen waren wie unter III.3 beschrieben, jedoch wurde nach 12 Versuchen immer eine einminütige Pause eingelegt.

IV ERGEBNISSE

Zur statistischen Prüfung der Frage, ob die Unterschiede der Mittelwerte der Versuchsvariablen zufällig entstanden sind, dient der t- oder Student-Test, dessen Stichprobenparameter der Standardwert der Mittelwertdifferenzen t ist. Die t-Verteilung ist eine symmetrische Verteilung, deren Gestalt vom Stichprobenumfang abhängt. Je größer dieser, desto ähnlicher wird sie der Normalverteilung. Bei kleiner Anzahl von Beobachtungen benötigt man ein größeres t, um die gleiche Signifikanzstufe zu erreichen wie bei einer großen Zahl von Freiheitsgraden.
Zum Vergleich der Varianzen, in denen sich interindividuelle Veränderungen ausdrücken, wurde der F-Test durchgeführt. Die F-Verteilung wurde 1936 von Fisher entdeckt. F bezeichnet ein Varianzverhältnis, wobei laut Definition die größere der beiden zu vergleichenden Stichprobenvarianzen den Zähler bildet. Sind die Varianzen ungefähr gleich groß, liegt F in der Nähe von 1. Erhält man einen großen F-Wert, liegt der Verdacht auf Varianzheterogenität nahe, und mit Hilfe spezieller Tabellen läßt sich die Signifikanz nachprüfen.
Die Versuchsergebnisse wurden sowohl gemeinsam als auch nach Geschlechtern getrennt ausgewertet.
Einmal wurden die sechs Werte des Vor- und Nachmittags getrennt verglichen, dann die entsprechenden Versuche des Vor- mit denen des Nachmittags.

Für die Tabellen und Diagramme gelten folgende Symbole:

n	Anzahl der Versuchspersonen
$\bar{x}$	Mittelwert
s	Standardabweichung
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
r	Korrelationskoeffizient

Es sei: $p \leq 0{,}05$ signifikant +
$p \leq 0{,}01$ eindeutig signifikant ++

1. Steadiness

Gemessene Variablen:

Fehler links (F li.) Fehlerzeit links (FZ li.)
Fehler rechts (F re.) Fehlerzeit rechts (FZ re.)

Tabelle 1.1 Mittelwerte und Standardabweichungen
a l l e r Probanden am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F li.	$\bar{x}$	173,83	174,62	157,81	172,64	158,00	157,55
	s	67,44	60,54	60,87	60,91	64,85	67,25
FZ li.	$\bar{x}$	120,83	114,88	110,69	106,62	105,76	113,05
	s	56,33	50,31	56,75	58,91	55,60	56,11
F re.	$\bar{x}$	185,50	193,90	175,33	180,38	171,57	170,67
	s	64,52	74,09	65,00	72,84	67,17	77,40
FZ re.	$\bar{x}$	192,95	188,86	174,14	177,67	169,45	169,50
	s	77,00	85,56	75,41	62,29	77,03	82,71

Tabelle 1.2 Mittelwerte und Standardabweichungen
a l l e r Probanden am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F li.	$\bar{x}$	169,50	163,71	155,67	166,26	149,83	150,67
	s	59,40	50,95	65,33	60,02	45,83	63,76
FZ li.	$\bar{x}$	106,12	109,67	101,38	113,69	104,00	110,02
	s	45,78	47,12	51,88	49,87	47,85	61,68
F re.	$\bar{x}$	168,79	161,43	151,07	168,50	163,98	159,64
	s	60,62	59,39	53,09	62,52	61,43	65,62
FZ re.	$\bar{x}$	154,02	152,29	147,19	154,90	159,33	152,81
	s	64,24	68,56	71,81	65,50	68,57	80,39

Als signifikante Vormittagswerte sind einzig die Abnahme der Varianz der Fehlerzeit rechts zwischen Versuch 2 und 4 und deren Zunahme zwischen Versuch 4 und 6 zu verzeichnen. Alle anderen Variablen zeigen keine Unterschiede von Mittelwert oder Varianz.

Nachmittags wies nur die Variable Fehler links eine signifikante Verbesserung zwischen Versuch 1 und 5 auf. Gleichzeitig war in diesem Versuch die Varianz i. Vgl. zu den Versuchen 3 und 6 geringer ($p \leq 0{,}05$). Alle anderen Variablen zeigen keine Signifikanzen.

Der Vergleich der Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags zeigt rechts nachmittags durchweg bessere Leistungen als vormittags. Signifikant unterscheiden sich im 2. und 3. Versuch die Mittelwerte von Fehler und Fehlerzeiten, im 1. Versuch nur die der Fehlerzeiten. Links gibt es keine signifikanten Unterschiede; dasselbe gilt auch für die Varianzen aller Variablen.

Diagr. 1.1 Vergleich der Mittelwerte von Fehler rechts (F) und Fehlerzeiten rechts (FZ) des Vor- mit denen des Nachmittags (n = 42)

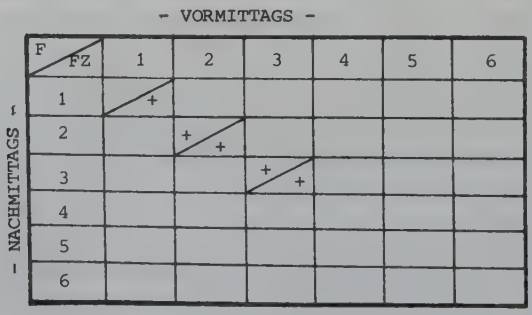


Tabelle 1.3 Korrelationsrechnungen a l l e r Vpn.
am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F/FZ li.	r=	0,29^{+}	0,54^{++}	0,32^{+}	0,71^{++}	0,34^{+}	0,41^{++}
F/FZ re.	r=	0,56^{++}	0,86^{++}	0,79^{++}	0,75^{++}	0,72^{++}	0,73^{++}
F re/li.	r=	0,01	0,19	0,41^{++}	0,15	0,53^{++}	0,51^{++}
FZ re/li.	r=	0,26^{+}	0,10	0,31^{+}	0,36^{+}	0,44^{++}	0,41^{++}

Tabelle 1.4 Korrelationsrechnungen a l l e r Vpn.
am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F/FZ li.	r=	0,56^{++}	0,17	0,62^{++}	0,63^{++}	0,44^{++}	0,38^{++}
F/FZ re.	r=	0,86^{++}	0,86^{++}	0,74^{++}	0,83^{++}	0,81^{++}	0,86^{++}
F re/li.	r=	0,53^{++}	0,12	0,32^{+}	0,29^{+}	0,59^{++}	0,58^{++}
FZ re/li.	r=	0,43^{++}	0,29^{+}	0,36^{++}	0,22	0,51^{++}	0,42^{++}

$p \leq 0{,}05$ +
$p \leq 0{,}01$ ++

Sowohl vor- als auch nachmittags sind die Korrelationen zwischen Fehler und Fehlerzeit rechts höher und konstanter als links.
Die Rechts/Links Korrelationen beider Variablen nehmen vormittags im Laufe der Versuche zu, sieht man von der Korrelationsabnahme der Fehler nach der Pause (3. Versuch) ab. Nachmittags sind die Rechts/Links Korrelationen höher als vormittags. Zwischen Versuch 2 und 6 ist ebenfalls wieder eine Korrelationsabnahme zu erkennen.

Sowohl vor- als auch nachmittags sind rechts die Mittelwerte der Fehlerzeiten in allen Versuchen eindeutig schlechter als links ($p \leq 0{,}01$). Die Fehlerzahlen unter-

scheiden sich nicht signifikant.
Die Varianzen der Fehlerzeiten sind rechts höher als links. Vormittags sind die Unterschiede in fast allen Versuchen signifikant (s. Diagr. 1.2). Nachmittags erreichen die Werte in allen Versuchen signifikante Unterschiede (s. Diagr. 1.2).

Diagr. 1.2 Vergleich der Varianzen der FZ rechts mit denen von links am Vormittag (V) und am Nachmittag (N) (n = 20)

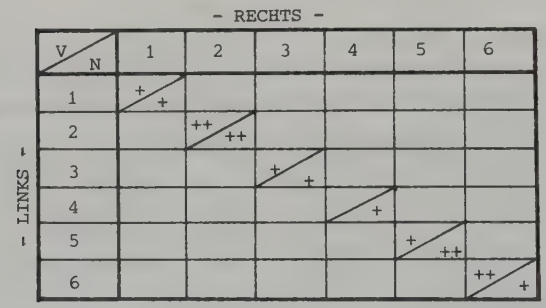


Tabelle 1.5 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F li.	$\bar{x}$	174,85	189,00	152,40	175,40	159,65	155,30
	s	70,72	66,88	58,30	66,38	68,53	58,78
FZ li.	$\bar{x}$	136,00	127,40	115,20	115,30	123,20	132,75
	s	54,77	49,76	68,97	70,00	62,02	59,65
F re.	$\bar{x}$	185,35	205,65	174,10	174,70	181,55	166,35
	s	47,75	64,49	32,49	66,01	71,84	70,84
FZ re.	$\bar{x}$	203,60	200,05	178,25	186,10	188,65	180,95
	s	75,71	73,61	58,16	75,88	67,10	77,71

Tabelle 1.6 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F li.	$\bar{x}$	161,10	167,35	149,45	174,00	162,60	158,50
	s	60,89	57,90	72,91	59,98	50,11	72,06
FZ li.	$\bar{x}$	102,40	120,45	106,85	123,45	112,00	115,30
	s	48,64	56,03	66,55	75,73	52,81	67,81
F re.	$\bar{x}$	169,90	168,60	145,95	186,35	172,55	167,40
	s	49,19	53,48	48,03	62,99	58,98	65,19
FZ re.	$\bar{x}$	164,55	169,95	150,15	175,75	181,55	174,25
	s	55,38	65,91	73,13	75,73	71,84	89,34

Vormittags ist die signifikante Abnahme der Fehler sowohl rechts als auch links von Versuch 2 auf 3 bemerkenswert. Gleichzeitig ist die Varianz dieser Variablen im 3. Versuch rechts niedriger als im 2. ($p \leq 0,05$). Zu den folgenden Versuchen besteht sogar ein eindeutig signifikanter Unterschied. Links zeigen die Fehlerwerte keine signifikanten Varianzänderungen.

Nachmittags ist die Fehlerzahl rechts im 3. Versuch auffallend niedrig, im 4. Versuch auffallend hoch. Es kommt deshalb zu einem signifikanten Unterschied. Im letzten Versuch ist die Varianz der Fehlerzeit rechts höher als im ersten ($p \leq 0,05$). Links gab es keine signifikanten Veränderungen.

Der Vergleich der Werte des Vor- mit denen des Nachmittags zeigt nachmittags in allen Variablen etwas bessere Leistungen. Links besteht zwischen den Anfangsversuchen ein signifikanter Unterschied. Die Varianzunterschiede sind unbedeutend.
Rechts ist der Mittelwert der Fehlerzeit im Anfangsversuch besser am Nachmittag, in den folgenden zwei Ver-

suchen sind die Fehlerzahlen geringer als am Vormittag ($p \leq 0,05$). Die Varianz der Variablen Fehler rechts ist vormittags in Versuch 3 höher ($p \leq 0,05$). Sie unterscheidet sich aber auch von den Varianzen der anderen Vormittagsversuche signifikant.

Sowohl vor- als auch nachmittags unterscheiden sich die Mittelwerte der Fehlerzeiten links von denen rechts derart, daß sie geringer sind ($p \leq 0,01$). Obwohl auch die Varianzen rechts insgesamt höher sind als links, unterscheiden sie sich nur im 2. Versuch am Vormittag signifikant voneinander.
Die Fehlerzahlen zeigen nie signifikante Unterschiede von Mittelwerten oder Varianzen.

Tabelle 1.7 Mittelwerte und Standardabweichungen der m ä n n l i c h e n Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F li.	$\bar{x}$	172,91	161,55	163,45	169,50	156,55	159,59
	s	65,99	52,58	64,25	57,38	62,88	75,47
FZ li.	$\bar{x}$	103,23	103,02	106,59	98,18	92,94	93,39
	s	54,65	49,99	44,12	46,66	45,74	45,60
F re.	$\bar{x}$	186,77	183,23	176,68	185,55	163,32	174,53
	s	77,54	81,87	85,48	79,60	80,03	84,54
FZ re.	$\bar{x}$	189,36	177,32	168,25	170,00	154,18	159,09
	s	80,55	95,75	89,54	88,73	83,58	87,49

Tabelle 1.8 Mittelwerte und Standardabweichungen der m ä n n l i c h e n Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F li.	$\bar{x}$	177,10	160,45	161,36	159,50	138,23	142,45
	s	58,37	49,79	58,83	60,59	38,46	55,81
FZ li.	$\bar{x}$	109,32	99,91	90,41	104,09	96,14	103,73
	s	43,38	34,99	34,53	51,53	41,47	57,63
F re.	$\bar{x}$	168,04	154,91	159,82	153,14	156,18	152,60
	s	70,65	64,85	54,99	57,68	63,98	67,04
FZ re.	$\bar{x}$	151,41	136,23	140,82	134,32	139,09	129,00
	s	75,10	68,67	74,13	51,83	60,03	68,82

Vormittags gab es in keinem Versuch signifikante Veränderungen einer Variablen.

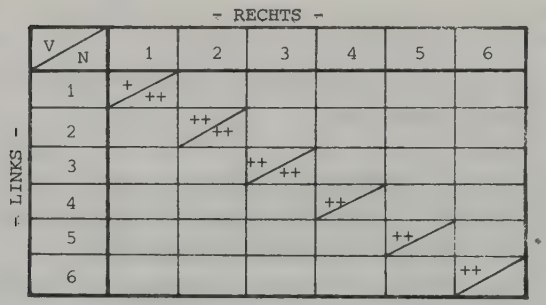
Nachmittags ist die Fehlerzahl rechts in Versuch 1 geringer als in Versuch 2 und 6 ($p \leq 0,05$). Zu Versuch 5 besteht ein eindeutig signifikanter Unterschied.
Die Varianz der Fehler ist links in Versuch 5 niedriger als in den Versuchen 1, 3, 4 und 6 ($p \leq 0,05$).
Die Mittelwerte der Fehlerzeiten links weisen keine signifikanten Veränderungen auf. Ihre Varianz ist in Versuch 2 und 3 niedriger als in 4 und 6 ($p \leq 0,05$).
Rechts gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Beim Vergleich der Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags zeigen sich keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte. Rechts sind die Varianzen beider Variablen nachmittags niedriger. Signifikant sind die Unterschiede in Versuch 3 bei den Fehlern, in Versuch 4 bei den Fehlerzeiten.

Sowohl vor-als auch nachmittags gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fehlerzahlen der rechten

und der linken Hand. Die Fehlerzeiten hingegen sind vormittags rechts immer verlängert ($p \leqq 0{,}01$). Nachmittags sind die Werte links nur in den Versuchen 1 bis 5 besser ($p \leqq 0{,}01$).
Ihre Varianzen sind vormittags rechts immer signifikant größer als links, nachmittags nur in den Versuchen 1 bis 3 (s. Diagr. 1.3).

Diagr. 1.3 Vergleich der Varianzen der FZ rechts mit denen von links am Vormittag (V) und am Nachmittag (N) (n = 22)



Der Vergleich der Leistungen der w e i b l i c h e n mit denen der m ä n n l i c h e n Versuchspersonen zeigt in allen Versuchen etwas bessere Mittelwerte aller Variablen bei den Männern. Vormittags bestehen signifikante Unterschiede der Fehlerzeiten links in Versuch 1, 5 und 6. Die Varianz dieser Variablen ist in Versuch 3 und 4 bei den Frauen höher ($p \leqq 0{,}05$) (s. Diagr. 1.4). Rechts hingegen ist die Varianz der Männer in Versuch 3 signifikant höher. Die Unterschiede der Fehler erreichen nie das Signifikanzniveau. Ihre Varianz ist rechts bei den Frauen geringer. Im 1. und 3. Versuch kommt es zu einem signifikanten Unterschied.
Nachmittags sind in den letzten drei Versuchen die Fehlerzeiten der Frauen rechts signifikant verlängert.

Links erreichen die Unterschiede der Mittelwerte beider Variablen nirgends das Signifikanzniveau. Die Varianz der Fehlerzeit ist bei den Männern in Versuch 2, 3 und 4 signifikant niedriger als bei den Frauen (s. Diagr. 1.4).

Diagr. 1.4 Vergleich der Varianzen der FZ links der w e i b l i c h e n (n = 20) mit denen der m ä n n l i c h e n (n = 22) Versuchspersonen am Vormittag (V) und am Nachmittag (N)

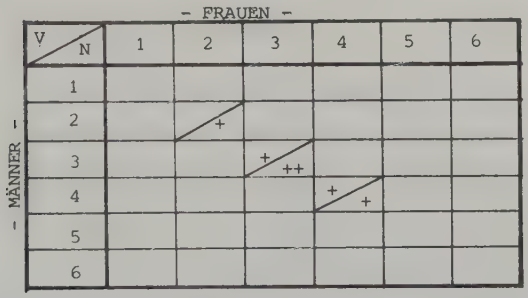


Tabelle 1.9a Korrelationsrechnungen der weiblichen Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6
F re/li r=	0,10	0,27	0,33	0,28	0,39^{+}	0,24
FZ re/li r=	0,54^{++}	0,16	0,39^{+}	0,59^{++}	0,39^{+}	0,46^{+}

Tabelle 1.9b Korrelationsrechnungen der männlichen Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6
F re/li r=	0,05	0,18	0,42^{+}	0,06	0,59^{++}	0,59^{++}
FZ re/li r=	0,04	0,00	0,20	0,03	0,38^{+}	0,29

Tabelle 1.10a Korrelationsrechnungen der weiblichen Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F re/li	r=	$0,55^{+++}$	0,02	0,19	$0,26^{+}$	$0,55^{++}$	$0,55^{++}$
FZ re/li	r=	$0,76^{++}$	0,25	0,34	$0,39^{+}$	$0,66^{++}$	$0,58^{++}$

Tabelle 1.10b Korrelationsrechnungen der männlichen Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F re/li	r=	$0,49^{++}$	$0,42^{+}$	$0,45^{+}$	0,29	$0,65^{++}$	$0,54^{++}$
FZ re/li	r=	0,16	0,27	$0,36^{+}$	0,11	0,25	$0,39^{+}$

$+ \; p \leq 0,05$
$++ \; p \leq 0,01$

Vormittags ist der unterschiedliche Verlauf der Korrelationen der Fehlerzeiten auffallend. Bei den weiblichen Versuchspersonen sind sie in Versuch 1 und 4 recht hoch, um dann in den folgenden zwei Versuchen abzunehmen. Bei den männlichen Versuchspersonen sind sie in denselben Versuchen sehr niedrig und steigen dann an. Sie bleiben aber geringer als bei den Frauen. Auch die Fehlerkorrelationen nehmen bei den Männern zwischen Versuch 3 und 4 ab. Zum Schluß sind sie jedoch höher als bei den Frauen.

Nachmittags sind die Korrelationen bei allen Probanden höher als vormittags. Bei den männlichen Versuchspersonen entspricht ihr Verlauf dem des Vormittags. Bei den weiblichen Versuchspersonen fehlt der steile Anstieg der Korrelation der Fehlerzeiten zwischen Versuch 3 und 4. Stattdessen findet sich von Versuch 2 bis 6 ein eher kontinuierlicher Anstieg.

2. Liniennachfahren

Gemessene Variablen:

Fehler (F)
Fehlerdauer (FD)
Dauer (D)

daraus errechnet:

$F+FD$
$\frac{F+FD}{D}$

Tabelle 2.1 Korrelationen, Mittelwerte und Standardabweichungen a l l e r Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F/FD	r=	0,78++	0,80++	0,92++	0,88++	0,84++	0,90++
F+FD	x	50,27	51,35	46,64	42,81	37,98	38,09
	s	21,49	19,75	22,62	19,44	19,69	20,87
$\frac{F+FD}{D}$		0,22	0,25	0,22	0,19	0,17	0,17
D	$\bar{x}$	232,36	209,52	216,76	221,17	225,17	223,12
	s	59,32	37,42	40,04	39,00	44,19	49,89

Tabelle 2.2 Korrelationen, Mittelwerte und Standarabweichungen a l l e r Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F/FD	r=	0,87++	0,88++	0,90++	0,81++	0,95++	0,89++
F+FD	$\bar{x}$	45,72	39,45	36,45	37,38	32,90	32,43
	s	18,95	19,73	18,98	15,25	17,71	17,50
$\frac{F+FD}{D}$		0,21	0,19	0,17	0,19	0,16	0,16
D	$\bar{x}$	213,43	210,43	211,31	201,14	208,12	212,12
	s	46,32	46,95	45,31	41,47	43,58	45,95

Auf Grund der hohen Korrelationen zwischen Fehler und Fehlerdauer, die sich auch während der Versuche nicht

veränderte, wurde die Summe beider Variablen ausgewertet.

Vormittags ist die Dauer nur im 1. Versuch i. Vgl. zum 2. verlängert ($p \leqq 0,05$). Gleichzeitig ist ihre Varianz signifikant höher als in den Versuchen 2 bis 4.
Die Mittelwerte der Fehlerwerte sind in den letzten zwei Versuchen niedriger als in den ersten beiden ($p \leqq 0,01$). Auch schon der 4. Versuch zeigt gegenüber Versuch 1 und 2 eine signifikante Leistungsverbesserung (s. Diagr. 2.1). Der Quotient aus Fehler, Fehlerdauer und Dauer nimmt stetig ab, was auf die Abnahme der Fehlerwerte bei gleichbleibender Gesamtdauer des Versuchs zurückzuführen ist.

Nachmittags unterscheidet sich außer dem 4. auch schon der 3. Versuch signifikant vom 1. Wie am Vormittag sind die Unterschiede zwischen dam Anfangsversuch und den letzten beiden eindeutig signifikant (s. Diagr. 2.1).
Die Dauer weist keine Veränderungen auf. Auch die Varianzen verhalten sich indifferent.

Vergleicht man die Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags, zeigt sich nachmittags eine etwas verkürzte Dauer. Signifikant geringer ist sie im 4. Versuch.
Die Mittelwerte von Fehler und Fehlerdauer sind nachmittags besser. Signifikante Unterschiede bestehen im 2. Versuch ($p \leqq 0,01$) und im 3. ($p \leqq 0,05$). Die Varianzunterschiede sind unerheblich.

Diagr. 2.1 Vergleich der Mittelwerte von F+FD am Vormittag (V) und am Nachmittag (N) (n = 42)

V \ N	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3	+					
4	+ +	+				
5	++ ++	++	+			
6	++ ++	++	+			

Tabelle 2.3 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F+FD	$\bar{x}$	47,25	49,25	47,90	44,60	37,10	41,05
	s	21,44	18,64	18,76	17,50	13,59	14,30
$\frac{F+FD}{D}$		0,19	0,24	0,23	0,20	0,16	0,19
D	$\bar{x}$	241,70	207,35	207,00	222,15	226,45	215,30
	s	64,11	44,68	45,25	42,88	48,39	53,70

Tabelle 2.4 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F+FD	$\bar{x}$	49,00	39,60	37,90	40,40	35,85	36,00
	s	16,40	13,52	16,79	11,37	14,33	14,38
$\frac{F+FD}{D}$		0,22	0,18	0,19	0,20	0,18	0,18
D	$\bar{x}$	211,60	222,65	195,83	195,55	199,55	204,35
	s	46,84	34,29	37,34	41,84	39,64	33,20

Vormittags ist die Dauer im 1. Versuch i. Vgl. zum 2. und 3. signifikant verlängert. Der Mittelwert der Fehlerwerte unterscheidet sich im 5. Versuch von den Ergebnissen der Versuche 1 bis 3 ($p \leq 0,05$) (s. Diagr. 2.2).

Nachmittags sind die Fehlerwerte der Versuche 3 bis 6 signifikant geringer als im Anfangsversuch (s. Diagr. 2.2). Die Varianzen verändern sich nicht signifikant.

Vergleicht man die Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags, findet man nur im 3. Versuch nachmittags einen signifikant geringeren Fehlerwert. Die Dauer ist im 4. Versuch signifikant verkürzt i. Vgl. zum Vormittagsversuch. Die Varianzen differieren nur wenig.

Diagr. 2.2 Vergleich der Mittelwerte von F+FD am Vormittag (V) und am Nachmittag (N) (n = 20)

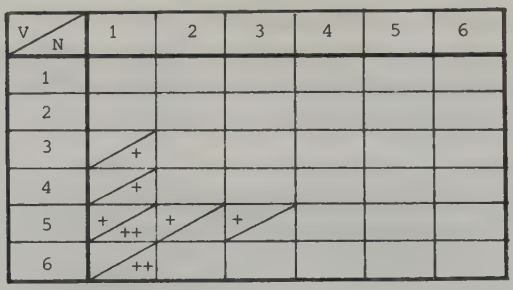


Tabelle 2.5 Mittelwerte und Standardabweichungen der m ä n n l i c h e n Versuchspersonen am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F+FD	$\bar{x}$	54,09	51,77	46,36	41,10	38,73	35,73
	s	21,50	20,76	25,44	20,31	23,09	24,94
$\frac{F+FD}{D}$		0,24	0,23	0,26	0,19	0,17	0,15
D	$\bar{x}$	223,86	210,82	225,32	220,23	225,82	229,05
	s	54,67	39,76	30,51	36,20	41,49	46,26

Tabelle 2.6 Mittelwerte und Standardabweichungen der m ä n n l i c h e n Versuchspersonen am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F+FD	$\bar{x}$	43,73	39,77	35,91	34,59	34,00	32,32
	s	20,00	23,45	18,52	13,81	20,27	18,63
$\frac{F+FD}{D}$		0,20	0,18	0,16	0,17	0,16	0,14
D	$\bar{x}$	215,05	217,55	225,36	206,45	215,91	218,89
	s	46,90	54,62	48,24	41,37	44,50	49,89

Vormittags blieb die Dauer über alle Versuche hinweg nahezu konstant. Die Fehlerwerte der Versuche 4 bis 6 waren signifikant geringer als die des Anfangsversuchs (s. Diagramm 2.3). Die Varianzen wiesen keine Veränderungen auf.

Nachmittags konnte nur im letzten Versuch ein signifikant besseres Ergebnis erzielt werden (s. Diagr. 2.3).
In Versuch 4 war die Varianz geringer als in Versuch 1, 2 und 5 ($p \leq 0,05$). Die Dauer änderte sich kaum.

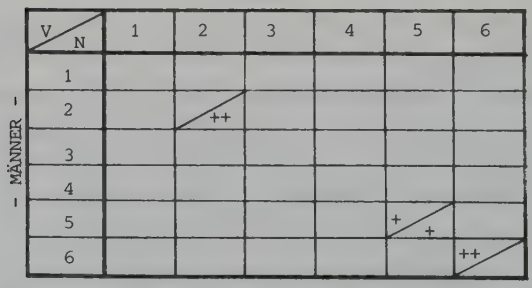
Beim Vergleich zwischen den Werten des Vor- mit denen des Nachmittags sind die Leistungen in den ersten beiden Versuchen nachmittags besser ($p \leq 0,05$). Die Dauer blieb konstant. Die Varianzunterschiede sind unbedeutend.

Diagr. 2.3 Vergleich der Mittelwerte von F+FD am Vormittag (V) und am Nachmittag (N) (n = 22).

V \ N	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4	+					
5	+					
6	+ +					

Der Vergleich der Leistungen der w e i b l i c h e n mit denen der m ä n n l i c h e n Versuchspersonen zeigt weder vor- noch nachmittags signifikante Unterschiede der Fehlervariablen. Die Varianz der Fehler ist vormittags bei den Frauen in den letzten beiden Versuchen signifikant geringer (s. Diagr. 2.4). Die Varianz der Dauer ist bei ihnen im 3. Versuch höher ($p \leqq 0{,}05$). Nachmittags sind die Varianzen beider Variablen bei den Männern höher. Signifikant sind die Unterschiede in Versuch 2 und 6, wo die Varianz der Dauer und in Versuch 2 und 5, wo die Varianz der Fehlerwerte bei den Frauen signifikant geringer ist (s. Diagr. 2.4).
Zu erwähnen bleibt noch die verkürzte Dauer der Frauen in Versuch 3 ($p \leqq 0{,}05$).

Diagr. 2.4 Vergleich der Varianzen von F+FD der w e i b l i c h e n (n = 20) mit denen der m ä n n l i c h e n (n = 22) Vpn. am Vormittag (V) und am Nachmittag (N)



3. Aiming

Gemessene Variablen:

Fehler (F)
Fehlerdauer (FD)
Treffer (T)
Dauer (D)

daraus errechnet:

$T_{relativ}$ = T-F

$D_{relativ}$ = D-FD

Tabelle 3.1 Korrelationsrechnungen a l l e r Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
T / F	r=	$0,72^{++}$	$0,82^{++}$	$0,79^{++}$	$0,92^{++}$	$0,87^{++}$	$0,81^{++}$
$T_{rel.}/D_{rel.}$	r=	$0,40^{++}$	$0,44^{++}$	0,16	$0,37^{++}$	$0,32^{+}$	0,16

Tabelle 3.2 Korrelationsrechnungen a l l e r Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
T / F	r=	$0,79^{++}$	$0,86^{++}$	$0,80^{++}$	$0,79^{++}$	$0,80^{++}$	$0,80^{++}$
$T_{rel.}/D_{rel.}$	r=	0,14	$0,31^{+}$	0,02	0,09	0,12	0,11

$+ \; p \leq 0,05$
$++ \; p \leq 0,01$

Die absolute Trefferzahl korreliert gleichbleibend hoch mit der absoluten Fehlerzahl. Um die Variablen Dauer und Treffer miteinander vergleichen zu können, wurden die Korrelationen zwischen den relativen Treffern und der relativen Dauer berechnet. Die Fehlerdauer war in den meisten Fällen 0 und nie größer als 1.
Vormittags nahmen diese Treffer/Dauer Korrelationen ab und waren nachmittags bedeutend niedriger.

Tabelle 3.3 Mittelwerte und Standardabweichungen a l l e r Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Fehler	$\bar{x}$	1,02	1,00	1,02	0,98	0,86	0,95
	s	1,47	1,33	1,67	1,93	1,54	1,53
Treffer	$\bar{x}$	18,79	19,12	19,19	19,14	19,31	19,24
	s	2,32	1,27	1,21	1,44	1,02	1,38
rel.Treffer	$\bar{x}$	17,64	18,12	18,17	18,19	18,45	18,36
	s	2,78	2,48	2,74	3,25	2,48	2,69
rel.Dauer	$\bar{x}$	64,45	64,31	63,57	64,98	65,38	64,71
	s	9,74	9,97	7,17	7,95	7,60	8,12

Tabelle 3.4 Mittelwerte und Standardabweichungen a l l e r Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Fehler	$\bar{x}$	0,86	0,95	0,98	0,29	0,74	0,52
	s	1,20	1,51	1,35	0,64	1,13	0,87
Treffer	$\bar{x}$	18,86	19,14	19,19	19,74	19,38	19,52
	s	2,29	1,54	1,25	0,63	1,10	0,90
rel.Treffer	$\bar{x}$	18,08	18,19	18,19	19,45	18,71	19,05
	s	1,42	2,54	2,54	1,19	1,97	1,36
rel.Dauer	$\bar{x}$	60,67	61,79	63,78	63,86	64,02	63,69
	s	7,37	7,68	7,76	8,34	8,41	8,17

Vormittags lassen sich keine Signifikanzen der Mittelwerte nachweisen. Die Varianz der Treffer ist im Anfangsversuch gegenüber allen folgenden erhöht ($p \leq 0,01$).

Nachmittags ist die absolute Trefferzahl im 4. Versuch höher als in den drei ersten Versuchen ($p \leq 0,01$) (s. Diagr. 3. 1). Gleichzeitig erniedrigt sich die Fehlerzahl vom 3. zum 4. Versuch ($p \leq 0,01$). Von Versuch 4 auf 5

verschlechtern sich Fehler und Treffer signifikant. Verglichen mit dem ersten Versuch sind die Treffer jedoch in den letzten beiden Versuchen noch höher ($p \leqq 0{,}05$). Signifikant weniger Fehler als im 2. und 3. Versuch wurden im letzten gemacht, wenn auch mehr als im 4. (s. Diagramm 3.2).

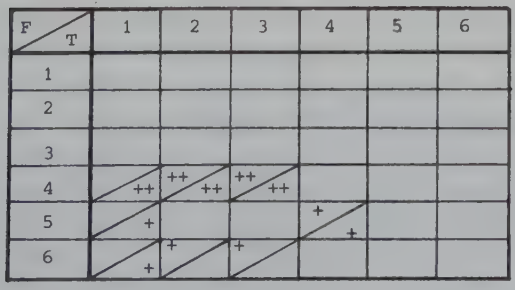
Auch die relative Trefferzahl ist im 4. Versuch höher als in den vorhergehenden ($p \leqq 0{,}01$). Im 5. Versuch verschlechtert sie sich wieder signifikant, wird im letzten Versuch jedoch wieder besser als in den drei ersten ($p \leqq 0{,}05$).

Die Varianz der absoluten Treffer ist im Anfangsversuch gegenüber allen folgenden signifikant erhöht (s. Diagr. 3.2). Die Varianz der Fehler ist im letzten Versuch signifikant niedriger als in den drei ersten. Bei beiden Variablen ist sie im 4. Versuch verglichen mit den drei ersten Versuchen erniedrigt ($p \leqq 0{,}01$), im 5. Versuch wieder erhöht ($p \leqq 0{,}01$) (s. Diagr. 3.2).

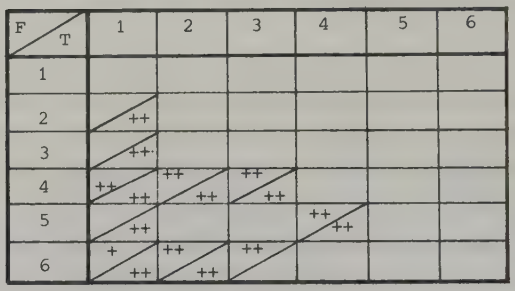
Die Varianz der relativen Treffer ist im 2. und 3. Versuch größer als im 1., 4. und 6. ($p \leqq 0{,}01$). Im 5. Versuch ist sie signifikant höher als im 4. und 6. Versuch.

Die Dauer ist im Anfangsversuch gegenüber den Versuchen 3 bis 6 signifikant verkürzt. Die Varianzen unterscheiden sich nicht voneinander.

Diagr. 3.1 Vergleich der Mittelwerte der Fehler (F) und Treffer (T) am Nachmittag (n = 42)



Diagr. 3.2 Vergleich der Varianzen der Fehler (F) und Treffer (T) am Nachmittag (n = 42)



Vergleicht man die Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags, so findet man nachmittags nur wenig bessere Werte. Im 4. Versuch ist die Trefferzahl erhöht, die Fehlerzahl erniedrigt ($p \leqq 0{,}01$). Auch im letzten Versuch wurden signifikant weniger Fehler gemacht. Die Varianzen von Treffer und Fehler sind nachmittags im 4. und 6. Versuch geringer ($p \leqq 0{,}01$). Die Varianz der relativen Treffer ist auch im ersten Versuch niedriger ($p \leqq 0{,}01$).

Tabelle 3.5 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F	$\bar{x}$	1,05	0,35	0,45	0,70	0,45	0,70
	s	1,32	0,59	0,83	1,49	0,83	1,22
T	$\bar{x}$	18,60	19,55	19,30	19,20	19,45	19,55
	s	1,23	0,76	1,03	1,24	0,94	1,19
$T_{rel.}$	$\bar{x}$	17,60	19,20	18,80	18,50	19,00	18,80
	s	2,50	1,28	1,74	2,70	1,74	2,21
$D_{rel.}$	$\bar{x}$	66,35	67,90	64,15	65,90	67,40	67,15
	s	9,07	9,86	7,47	7,50	7,86	9,39

Tabelle 3.6 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F	$\bar{x}$	0,90	1,15	1,30	0,40	0,85	0,50
	s	1,33	1,53	1,53	0,82	1,18	0,95
T	$\bar{x}$	18,45	19,00	18,90	19,68	19,25	19,50
	s	2,93	1,69	1,48	0,78	1,25	1,15
$T_{rel.}$	$\bar{x}$	17,50	17,80	17,55	19,25	18,35	19,05
	s	4,08	3,09	2,96	1,59	2,32	1,43
$D_{rel.}$	$\bar{x}$	61,00	62,40	64,60	64,90	66,00	65,40
	s	6,54	7,79	7,88	8,60	8,85	8,61

Vormittags wurden in Versuch 2, 3 und 5 weniger Fehler gemacht als im ersten Versuch ($p \leq 0,05$). Absolute und relative Treffer verhalten sich gleich und sind im 2., 3., 5. und 6. Versuch signifikant höher als im Anfangsversuch (s. Diagr. 3.3).

Die Varianz der Fehlerzahl ist in Versuch 2, 3 und 5 niedriger als in Versuch 4 ($p \leq 0,01$). In Versuch 2 ist

sie am niedrigsten und unterscheidet sich auch noch von der des ersten und letzten eindeutig signifikant. Auch in Versuch 3 und 5 ist sie niedriger als in den letzteren ($p \leqq 0{,}05$) (s. Diagr. 3.4). Im 2. Versuch ist die Treffervarianz signifikant geringer als im 1., 4. und 6. Versuch. Ähnlich verhält sich die relative Treffervarianz, die im 2. Versuch eindeutig geringer ist als im 1. und 4. ($p \leqq 0{,}01$) und sich von der des letzten Versuchs signifikant unterscheidet. Außerdem ist die Varianz des Anfangsversuchs signifikant höher als die des 3. und 5. Versuchs. Mittelwerte und Varianzen der Dauer zeigen keine nennenswerten Veränderungen.

Diagr. 3.3 Vergleich der Mittelwerte der Fehler (F) und Treffer (T) am Vormittag (n=20)

F \ T	1	2	3	4	5	6
1						
2	+ / ++					
3	+ / +					
4						
5	+ / +					
6	/ +					

Diagr. 3.4 Vergleich der Varianzen der Fehler (F) und Treffer (T) am Vormittag (n=20)

F \ T	1	2	3	4	5	6
1						
2	~~+~~ / +					
3	+ /					
4		++ / +	++ /			
5	+ /			++ /		
6		++ / +	+ /		+ /	

Nachmittags ist die absolute Trefferzahl in den Versuchen 4 bis 6 höher als im Anfangsversuch ($p \leqq 0{,}05$). Sie erhöht sich vom 3. zum 4. Versuch signifikant. Im 4. und 6. Versuch ist die Fehlerzahl signifikant geringer als im 3. Versuch (s. Diagr. 3.5). Die relative Trefferzahl ist im 4. und 6. Versuch höher als im 1. und 3. ($p \leqq 0{,}05$). Gegenüber allen Versuchen ist die Treffervarianz im Anfangsversuch erhöht ($p \leqq 0{,}05$). Am niedrigsten ist sie im 4. Versuch, wo sie sich von allen anderen signifikant unterscheidet (s. Diagr. 3.6). Die Varianz der Fehler ist im 2. und 3. Versuch am höchsten. (s. Diagr. 3.6). Auch die relative Treffervarianz verhält sich ähnlich. Sie ist im 4. und 6. Versuch am niedrigsten und unterscheidet sich von den Varianzen der ersten drei Versuche ($p \leqq 0{,}01$). Auch zu der des 5. Versuchs besteht ein signifikanter Unterschied. Sie ist dort etwas hoch, aber doch noch niedriger als im ersten Versuch ($p \leqq 0{,}01$).
Wie schon am Vormittag weisen Varianzen und Mittelwerte der Dauer keine signifikanten Veränderungen auf.

Diagr. 3.5 Vergleich der Mittelwerte von Fehler (F) und Treffer (T) am Nachmittag (n = 20)

F / T	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4	+		+	+		
5	+					
6	+		+	+		

Diagr. 3.6 Vergleich der Varianzen von Treffer (T) und Fehler (F) am Nachmittag (n = 20)

F \ T	1	2	3	4	5	6
1						
2	++					
3	++					
4	++	++ ++	++ ++			
5	++			+		
6	++	+	+	+		

Beim Vergleich der Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags fällt die signifikant kleinere Fehlerzahl in Versuch 2 und 3 am Vormittag auf. Die Trefferzahlen unterscheiden sich nie signifikant. In den genannten Versuchen ist auch die relative Trefferzahl höher ($p \leqq 0,05$). Die Varianz der Fehler ist niedriger, in Versuch 4 hingegen höher ($p \leqq 0,01$). Die Treffervarianz ist in den ersten beiden Versuchen vormittags niedriger ($p \leqq 0,01$), im 4. Versuch höher ($p \leqq 0,05$). Auch die Varianz der relativen Treffer ist vormittags in den ersten drei Versuchen geringer ($p \leqq 0,01$).
Die relative Dauer ist nachmittags in den ersten beiden Versuchen verkürzt ($p \leqq 0,05$).

Tabelle 3.7 Mittelwerte und Standardabweichungen der männlichen Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F	$\bar{x}$	1,14	1,59	1,55	1,23	1,23	1,18
	s	1,61	1,53	2,06	2,27	1,93	1,73
T	$\bar{x}$	19,09	18,73	19,09	19,09	19,18	18,95
	s	1,69	1,52	1,38	1,63	1,50	1,50
$T_{rel.}$	$\bar{x}$	17,95	17,14	17,55	17,83	17,95	17,95
	s	3,05	2,90	3,32	4,03	2,92	3,12
$D_{rel.}$	$\bar{x}$	61,45	61,00	63,05	64,48	63,68	62,50
	s	9,11	9,13	7,41	8,42	7,01	6,18

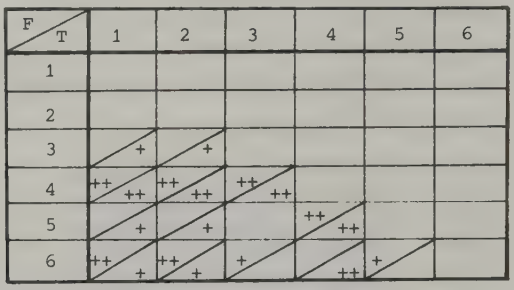
Tabelle 3.8 Mittelwerte und Standardabweichungen der männlichen Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
F	$\bar{x}$	0,82	0,77	0,69	0,18	0,64	0,55
	s	1,10	1,51	1,13	0,39	1,09	0,67
T	$\bar{x}$	19,23	19,27	19,45	19,82	19,50	19,55
	s	1,48	1,42	0,96	0,39	0,96	0,80
$T_{rel.}$	$\bar{x}$	18,41	18,50	18,82	19,64	18,86	19,05
	s	2,44	2,82	1,97	0,66	1,98	1,33
$D_{rel.}$	$\bar{x}$	60,23	61,14	62,21	62,91	62,23	62,14
	s	8,26	7,79	7,39	7,95	7,78	7,61

Vormittags sind weder bei den Mittelwerten noch bei den Varianzen Signifikanzen nachweisbar.

Nachmittags ist im 4. Versuch die Fehlerzahl signifikant geringer als in den ersten drei und dem vorletzten Versuch. Die relative Trefferzahl hingegen ist erhöht ($p \leq 0,05$). Die absolute Trefferzahl ist nahezu unverändert.
Die Varianz der Treffer ist im 4. Versuch am niedrigsten und unterscheidet sich von allen übrigen ($p \leq 0,01$).
In den ersten beiden Versuchen sind die Varianzen am höchsten und unterscheiden sich signifikant von den folgenden (s. Diagr. 3.7). Auch die Fehlervarianz ist im 4. Versuch am geringsten und unterscheidet sich von den übrigen eindeutig signifikant.
Auch im letzten Versuch ist die Varianz niedrig und zeigt signifikante Unterschiede zu den übrigen (s. Diagr. 3.7).
Die Varianzen der relativen Treffer verhalten sich wie die der Fehler und absoluten Treffer.
Die Dauer blieb nahezu immer konstant.

Diagr. 3.7 Vergleich der Varianzen von Fehler (F) und Treffer (T) am Nachmittag (n = 22)



Beim Vergleich der Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags zeigt sich im 4. Versuch nachmittags eine höhere Trefferzahl ($p \leq 0{,}05$) und eine geringere Fehlerzahl ($p \leq 0{,}01$). Auch im 2. und 3. Versuch wurden signifikant weniger Fehler gemacht.
In 5 Versuchen ist nachmittags die Varianz der Fehler niedriger ($p \leq 0{,}01$). Die der Treffer ist im 4. und 6. Versuch geringer ($p \leq 0{,}01$). Dasselbe gilt für die relative Treffervarianz. Außerdem ist sie auch im 3. und 5. Versuch signifikant niedriger.
Die Werte der Dauer sind nahezu identisch.

Der Vergleich der Leistungen der w e i b l i c h e n mit denen der m ä n n l i c h e n Vpn. zeigt nur vormittags im 2. Versuch eine signifikant höhere Trefferzahl der Frauen. Gleichzeitig ist aber ihre Dauer verlängert ($p \leq 0{,}01$). Auch im ersten und letzten Versuch brauchen die Frauen signifikant länger.
Die Varianzen unterscheiden sich nahezu in allen Versuchen und in allen Variablen. Am wenigsten Unterschiede gibt es bei der Varianz der Dauer. Nur im letzten Versuch ist sie bei den Frauen signifikant höher.
Die Treffervarianz der Männer ist in Versuch 2, 3 und 5 eindeutig höher. Dasselbe gilt für ihre Fehlervarianz.

Sie ist auch im 4. Versuch signifikant höher. Ebenso verhält sich die Varianz der relativen Trefferzahl, die außerdem im 6. Versuch höher ist ($p \leq 0{,}05$).

Nachmittags gibt es nur Unterschiede der Varianzen. Im 1., 3. und 4. Versuch ist die Varianz der absoluten und relativen Treffer bei den Männern geringer ($p \leq 0{,}01$). Auch die Fehlervarianz ist im 4. Versuch niedriger ($p \leq 0{,}01$). Die Unterschiede der Dauer sind unerheblich.

Tabelle 3.9a Korrelationsrechnungen der w e i b l i c h e n Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Treffer/Fehler	r=	$0{,}69^{++}$	$0{,}81^{++}$	$0{,}79^{++}$	$0{,}91^{++}$	$0{,}95^{++}$	$0{,}57^{++}$
rel.Treffer/Dauer	r=	0,14	0,04	0,23	0,21	0,11	0,09

Tabelle 3.9b Korrelationsrechnungen der m ä n n l i c h e n Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Treffer/Fehler	r=	$0{,}76^{++}$	$0{,}81^{++}$	$0{,}86^{++}$	$0{,}93^{++}$	$0{,}90^{++}$	$0{,}92^{++}$
rel.Treffer/Dauer	r=	$0{,}61^{++}$	$0{,}57^{++}$	0,26	$0{,}54^{++}$	$0{,}41^{+}$	0,15

Tabelle 3.10a Korrelationsrechnungen der w e i b l i c h e n Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Treffer/Fehler	r=	$0{,}83^{++}$	$0{,}88^{++}$	$0{,}78^{++}$	$0{,}88^{++}$	$0{,}79^{++}$	$0{,}85^{++}$
rel.Treffer/Dauer	r=	0,09	$0{,}53^{+}$	0,03	0,10	0,22	0,08

Tabelle 3.10b Korrelationsrechnungen der m ä n n l i c h e n Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Treffer/Fehler	r=	0,80^{++}	0,84^{++}	0,82^{++}	0,39^{+}	0,81^{++}	0,58^{++}
rel.Treffer/Dauer	r=	0,25	0,19	0,09	0,17	0,10	0,15

+ $p \leq 0,05$
++ $p \leq 0,01$

Die Treffer/Fehler Korrelationen sind nahezu immer gleichbleibend hoch. Bei den Männern ist vormittags eine Tendenz zur Zunahme erkennbar.
Bei den Frauen sind sie im 1. und 6. Versuch auffallend niedrig. Nachmittags ist dies bei den Männern im 4. und 6. Versuch der Fall. Sowohl vor- als auch nachmittags ist bei allen Probanden eine deutliche Abnahme der Treffer/Dauer Korrelationen im Verlauf der Übungen zu verzeichnen. Ausnahmen machen bei den weiblichen Vpn die Korrelationen im 2. und 5. Versuch am Nachmittag. Insgesamt sind sie nachmittags niedriger als vormittags.
Sie sind bei den Männern insgesamt etwas höher als bei den Frauen.

4. Tapping

Untersuchte Variablen:

Links 1. Hälfte
Links 2. Hälfte
Rechts 1. Hälfte
Rechts 2. Hälfte

Tabelle 4.1 Mittelwerte und Standardabweichungen a l l e r Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Links 1.H.	$\bar{x}$	91,95	89,05	91,45	91,64	89,52	91,19
	s	16,30	13,11	11,58	12,28	12,53	12,93
Links 2.H.	$\bar{x}$	87,48	85,02	85,36	86,69	86,48	85,95
	s	13,17	13,02	11,61	11,47	12,97	12,49
Rechts 1.H.	$\bar{x}$	101,69	97,24	97,19	101,71	99,97	99,14
	s	15,20	13,01	10,90	13,42	13,10	14,08
Rechts 2.H.	$\bar{x}$	96,74	94,38	94,60	96,52	95,67	95,69
	s	12,62	12,41	12,11	12,54	14,60	14,24

Tabelle 4.2 Mittelwerte und Standardabweichungen a l l e r Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Links 1.H.	$\bar{x}$	93,93	91,14	91,93	92,90	91,19	92,12
	s	13,35	11,50	10,29	13,16	13,80	13,47
Links 2.H.	$\bar{x}$	90,02	88,00	88,12	88,81	86,60	86,90
	s	11,60	12,06	12,65	14,43	13,62	15,41
Rechts 1.H.	$\bar{x}$	104,29	101,52	100,74	106,76	104,69	103,93
	s	13,20	12,73	11,60	14,93	15,77	14,67
Rechts 2.H.	$\bar{x}$	100,02	98,98	99,10	102,45	100,55	100,62
	s						

Als einzige Signifikanz ist sowohl vor- als auch nachmittags zwischen dem 3. und dem 4. Versuch rechts in der 1. Versuchshälfte eine Verbesserung aufgetreten.

Vergleicht man die Leistungen des Vor- mit denen des Nachmittags, so findet man nachmittags im 4. Versuch in der 1. und 2. Versuchshälfte rechts eine signifikant höhere Klopfzahl als vormittags. In der 1. Hälfte ist sie auch noch im 5. Versuch signifikant höher.

Vormittags finden sich auch noch signifikante Unterschiede der Werte der 1. und 2. Versuchshälfte. So ist im 4. Versuch die Klopfzahl rechts und links in der 1. Versuchshälfte signifikant höher als in der 2. Links ist sie im 3. Versuch sogar eindeutig höher ($p \leq 0{,}01$). Im 6. Versuch besteht ein signifikanter Unterschied.
Die Varianzen sind nahezu identisch.
Nachmittags waren die Leistungsunterschiede nicht mehr signifikant.

Tabelle 4.3 Rechts/Links Korrelationen a l l e r Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
1. Hälfte	r=	$0{,}74^{++}$	$0{,}64^{++}$	$0{,}76^{++}$	$0{,}48^{++}$	$0{,}71^{++}$	$0{,}79^{++}$
2. Hälfte	r=	$0{,}40^{++}$	$0{,}57^{++}$	$0{,}47^{++}$	$0{,}55^{++}$	$0{,}48^{++}$	$0{,}48^{++}$

Tabelle 4.4 Rechts/Links Korrelationen a l l e r Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
1. Hälfte	r=	$0{,}61^{++}$	$0{,}64^{++}$	$0{,}51^{++}$	$0{,}36^{++}$	$0{,}58^{++}$	$0{,}52^{++}$
2. Hälfte	r=	$0{,}40^{++}$	$0{,}57^{++}$	$0{,}47^{++}$	$0{,}55^{++}$	$0{,}48^{++}$	$0{,}48^{++}$

$p \leq 0{,}01$

Die Rechts/Links Korrelationen sind in der 1. Versuchshälfte höher als in der 2. Vormittags zeigen sie eher eine Tendenz zur Zunahme, nachmittags zur Abnahme.

Zwischen dem 3. und 4. Versuch ist jeweils eine auffallende Abnahme zu vermerken. Sie ist in der 1. Versuchshälfte deutlicher als in der 2. Nachmittags sind die Korrelationen insgesamt niedriger als vormittags.

Tabelle 4.5 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Links 1.H.	$\bar{x}$	88,85	85,25	88,30	86,05	86,20	88,15
	s	12,07	10,36	10,00	8,15	11,20	11,86
Links 2.H.	$\bar{x}$	82,15	81,15	81,95	82,30	83,60	81,90
	s	9,75	11,24	8,13	8,71	10,70	8,79
Rechts 1.H.	$\bar{x}$	96,90	93,55	94,20	97,00	95,85	95,25
	s	10,97	10,94	11,02	11,33	10,88	12,02
Rechts 2.H.	$\bar{x}$	92,40	91,20	89,20	92,05	90,85	90,75
	s	11,78	13,20	9,22	10,82	11,64	11,29

Tabelle 4.6 Mittelwerte und Standardabweichungen der w e i b l i c h e n Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Links 1.H.	$\bar{x}$	90,25	86,10	88,45	89,90	86,40	88,95
	s	10,65	9,55	8,02	12,00	11,14	10,26
Links 2.H.	$\bar{x}$	86,05	84,65	85,05	84,70	83,90	84,30
	s	10,80	10,70	13,18	13,45	13,20	14,25
Rechts 1.H.	$\bar{x}$	101,50	98,00	98,95	103,10	101,70	100,90
	s	8,88	11,25	10,79	9,91	12,49	13,61
Rechts 2.H.	$\bar{x}$	96,95	95,20	96,00	97,80	96,80	96,50
	s	10,42	11,33	12,61	12,06	14,62	14,94

Als einzig signifikanter Wert ist nachmittags vom 3. zum 4. Versuch rechts in der 1. Versuchshälfte eine Erhöhung der Klopfzahl nachzuweisen.

Beim Vergleich der 1. mit der 2. Versuchshälfte ist vormittags links in der 1. Hälfte die Klopfzahl im 3. und 6. Versuch signifikant höher. Nachmittags gibt es rechts im letzten Versuch in der 1. Hälfte einen signifikant höheren Mittelwert.

Tabelle 4.7 Mittelwerte und Standardabweichungen der männlichen Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Links 1.H.	$\bar{x}$	96,68	92,50	94,32	96,73	92,59	93,95
	s	18,88	14,57	12,38	13,32	13,20	13.50
Links 2.H.	$\bar{x}$	91,86	88,59	88,91	90,68	90,43	89,64
	s	14,49	13,79	13,22	12,44	13,37	14,30
Rechts 1.H.	$\bar{x}$	105,77	100,68	99,91	106,00	102,86	102,68
	s	17,21	14,11	10,29	13,97	14,26	15,13
Rechts 2.H.	$\bar{x}$	101,04	97,27	99,41	100,64	100,05	100,18
	s	12,14	11,17	12,60	12,79	15,95	15,38

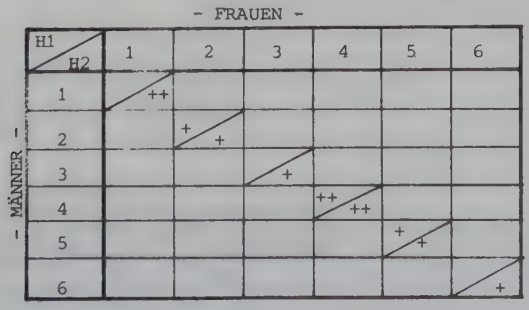
Tabelle 4.8 Mittelwerte und Standardabweichungen der männlichen Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Links 1.H.	$\bar{x}$	97,61	95,18	95,09	95,64	95,95	96,00
	s	14,88	11,83	11,24	13,84	14,76	14,51
Links 2.H.	$\bar{x}$	93,57	91,05	91,18	92,55	89,05	89,86
	s	11,60	12,59	13,67	14,22	13,84	16,09
Rechts 1.H.	$\bar{x}$	106,82	105,23	102,36	110,09	107,68	106,68
	s	15,96	13,01	12,30	17,94	17,96	15,85
Rechts 2.H.	$\bar{x}$	102,82	102,41	101,82	106,99	103,86	104,42
	s	13,89	14,54	14,96	18,04	17,12	16,85

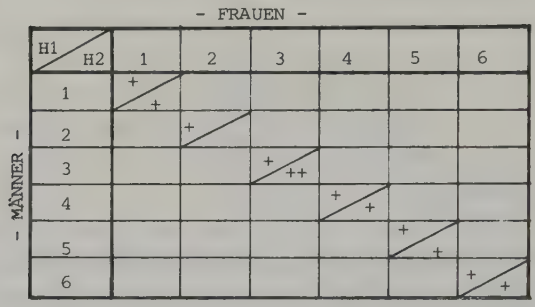
Es ergaben sich nirgends signifikante Veränderungen.

Vergleicht man die Leistungen der w e i b l i c h e n mit denen der m ä n n l i c h e n Vpn., so findet man in der 2. Versuchshälfte vormittags links immer eine höhere Klopfzahl der Männer (s. Diagr. 4.1). Auch schon in der 1. Versuchshälfte gibt es in Versuch 2, 4 und 5 signifikante Unterschiede.
Die Varianzen der Männer sind in der 1. Hälfte im 1. und 4. Versuch höher als die der Frauen ($p \leq 0{,}05$). In der 2. Versuchshälfte ist dies im 1., 3. und 6. Versuch der Fall.
Rechts erreichen die Männer in der 1. Hälfte immer eine signifikant höhere Klopfzahl. In der 2. Hälfte besteht nur im zweiten Versuch kein Unterschied (s. Diagr. 4.2).
Die Varianz der Frauen ist im Anfangsversuch in der 1. Hälfte niedriger ($p \leq 0{,}05$).

Diagr. 4.1 Vergleich der Mittelwerte der w e i b l i c h e n (n=20) mit denen der m ä n n l i c h e n (n=22) Vpn. links in der 1. Hälfte (H1) und links in der 2. Hälfte (H2) am Vormittag



Diagr. 4.2 Vergleich der Mittelwerte der w e i b l . (n=20) mit denen der m ä n n l . (n=22) Vpn. rechts in der 1. Hälfte (H1) und rechts in der 2. Hälfte (H2) am Vormittag



Nachmittags ist die Klopfzahl der Männer in der 1. Versuchshälfte in fast allen Versuchen signifikant höher in der linken Hand. In der 2. Hälfte ist sie nur in den ersten beiden Versuchen erhöht (s. Diagr. 4.3). Rechts entstand nur im 2. Versuch in beiden Versuchshälften ein signifikanter Unterschied. In der 2. Hälfte ist dies außerdem noch im 4. Versuch der Fall.
Varianzunterschiede bestehen nur rechts. In der 1. Hälfte ist sie im 1. und 4. Versuch bei den Frauen niedriger ($p \leqq 0{,}01$), in der 2. Hälfte kommt es im 4. Versuch zu einem signifikanten Unterschied.

Diagr. 4.3 Vergleich der Mittelwerte der w e i b l . (n=20) mit denen der m ä n n l . (n=22) Vpn. links in der 1. Hälfte (H1) und links in der 2. Hälfte (H2) am Nachmittag

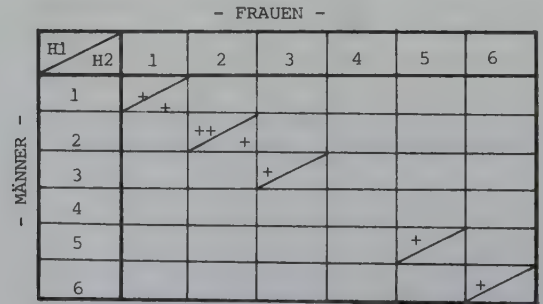


Tabelle 4.9a Rechts/Links Korrelationen der
w e i b l i c h e n Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
1. Hälfte	r=	0,56^{++}	0,53^{++}	0,75^{++}	0,45^{+}	0,63^{++}	0,76^{++}
2. Hälfte	r=	0,46^{+}	0,56^{++}	0,63^{++}	0,51^{++}	0,68^{++}	0,59^{++}

Tabelle 4.9b Rechts/Links Korrelationen der
m ä n n l i c h e n Vpn. am Vormittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
1. Hälfte	r=	0,81^{++}	0,61^{++}	0,73^{++}	0,45^{++}	0,69^{++}	0,78^{++}
2. Hälfte	r=	0,63^{++}	0,61^{++}	0,63^{++}	0,44^{+}	0,61^{++}	0,71^{++}

Tabelle 4.10a Rechts/Links Korrelationen der
w e i b l i c h e n Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
1. Hälfte	r=	0,11	0,63^{++}	0,53^{++}	0,31	0,24	0,57^{++}
2. Hälfte	r=	0,37^{+}	0,55^{++}	0,53^{++}	0,41^{+}	0,58^{++}	0,52^{++}

Tabelle 4.10b Rechts/Links Korrelationen der
m ä n n l i c h e n Vpn. am Nachmittag

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
1. Hälfte	r=	0,74^{++}	0,60^{++}	0,69^{++}	0,42^{+}	0,69^{++}	0,61^{++}
2. Hälfte	r=	0,48^{+}	0,55^{++}	0,49^{++}	0,57^{++}	0,37^{+}	0,42^{+}

$^{+}$ $p \leqq 0,05$
$^{++}$ $p \leqq 0,01$

Nachmittags sind bei den Frauen und Männern die Korrelationen niedriger als vormittags. Bei allen ist auch zwischen dem 3. und 4. Versuch eine Korrelationsabnahme zu verzeichnen. Insgesamt sind die Korrelationen der Männer höher. Sie nehmen im Verlauf der Versuche ab, während die der Frauen zunehmen.

5. Befragung der Versuchspersonen

Die Auszählung der Antworten erbrachte folgendes Bild: (Die Zahlen für weibl. und männl. Vpn. wurden in Klammer gesetzt w/m)

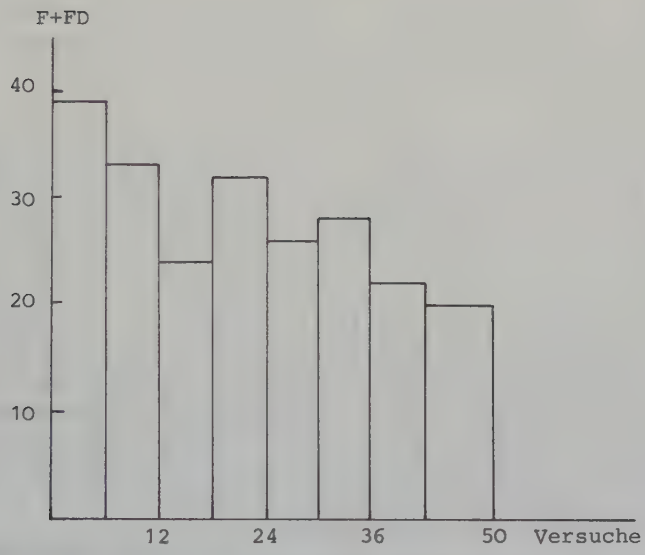
Tabelle 5.1

Art der Aufgabe	Steadiness	Linien-nachf.	Aiming	Tapping	ø
Lernerfolg	6(3/3)	22(9/13)	4(3/1)	3(1/2)	11(5/6)
am best.gef.	0	28(13/15)	8(4/4)	1(1/)	5(2/3)
am wenig.gef.	18(8/10)	0	2(/2)	18(10/8)	4(2/2)
am schwierig.	35(16/19)	2(2/ 2)	1(/1)	3(2/1)	1(1/)
am leicht.	1(/1)	5(1/ 4)	25(12/13)	7(2/5)	4(2/2)

Die Kondition war vormittags bei 9 (7/2) Personen besser, nachmittags bei 20 (8/12), und bei 15 (7/8) gab es keine Unterschiede.

6. Langzeitversuch des Liniennachfahrens

Abbildung 6.1 Lernkurve der w e i b l i c h e n Vpn.



Die hohe Korrelation zwischen Fehlerwerten und Versuchsanzahl ($p<0{,}001$) läßt auf einen exponentiellen Verlauf der Lernkurve schließen, die durch die Gleichung $F+FD = 339 \times e^{-0{,}01 \times \text{Versuchsanzahl}}$ beschrieben wird. Nimmt man an, daß sich die Fehlerwerte asymptotisch der Nullgeraden nähern, und ein Ende des Lernprozesses dann erreicht ist, wenn der Unterschied der Fehlerwerte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blöcken zu je 12 Versuchen maximal 1 beträgt, läßt sich mit Hilfe der Ableitung der Exponentialgleichung errechnen, daß hierfür eine Gesamtzahl von 60 Versuchen notwendig ist.

VIII DISKUSSION

1. Steadiness

Die Auswertung der Ergebnisse des Gesamtkollektivs zeigt außer der unterschiedlichen Fehlerzahl links in Versuch 1 und 5 am Nachmittag keine signifikanten Veränderungen der Fehler oder Fehlerzeiten im Laufe der Vor- oder Nachmittagsversuche. Bemerkenswert ist lediglich der zwar nicht signifikante, aber doch auffallende Leistungsabfall zwischen Versuch 3 und 4 im Anschluß an die Pause. Eigentlich wäre ein Leistungsanstieg zu erwarten, wenn durch die Pause die sich während der Versuche aufbauende Hemmung und Ermüdung beseitigt werden könnte. Besonders deutlich zeigt sich der Abfall aller Variablen bei den w e i b l i c h e n Testpersonen. Während bei ihnen der 3. Versuch der beste ist und vormittags die Fehlerzahlen beider Hände sogar signifikant niedriger sind als im vorhergehenden Versuch, erreichen die männlichen Versuchspersonen ihre Bestleistung erst im 5. oder 6. Versuch (s. Tab. 1.5-1.8).
Bringt man diese Tatsache mit der Pause in Zusammenhang, so könnte man zweierlei vermuten:

1. Die Pause hatte bei den Frauen einen negativen Einfluß auf das Leistungsniveau. Vielleicht bewirkte sie sogar das Vergessen des bisher Gelernten.
2. Sie war nicht ausreichend lang genug, um alle Ermüdungserscheinungen zu beseitigen.

Die Übungskurve der Männer zeigt eine nahezu gleichmäßige Abnahme von Mittelwerten und Varianzen aller Variablen, die sich über die gesamten 12 Versuche erstreckt, während die der Frauen durch stärkere Schwankungen gekennzeichnet ist. Am Ende sind ihre Varianzen eher höher als am Anfang. Wegen der Zunahme von Varianzen und Mittelwerten kommt es insbesondere nachmittags teil-

weise zu signifikanten Unterschieden zwischen den Geschlechtern.
Nachmittags sind die Werte aller Variablen besser als vormittags. Signifikanzen, die bei der Auswertung des Gesamtkollektivs in den ersten drei Versuchen rechts nachweisbar sind, sind nur bei den weiblichen Vpn. vorhanden.
Der Vergleich der rechten mit der linken Hand zeigt bei a l l e n rechts durchweg schlechtere Leistungen als links. Diese Tatsache erstaunt insofern etwas, als sich die Probanden vorwiegend auf die rechte Hand konzentrierten. Die geistige Anspannung führt wahrscheinlich auch zu einem erhöhten Muskeltonus und somit erhöhtem Tremor. Die stärkere Muskelkontrolle der rechten Hand drückt sich vielleicht auch in der rechts höheren Fehler/Fehlerzeit Korrelation aus (s. Tab. 1.3, 1.4).
Die Rechts-Links-Unterschiede der Fehler nehmen im Laufe der Übungen ab. Nachmittags sind sie beinahe ganz verschwunden. Deutlich wird dies auch in einer Zunahme der Rechts/Links-Korrelationen. Allerdings unterscheiden sich die Mittelwerte und Varianzen der Fehlerzeiten vor- und nachmittags eindeutig signifikant, so daß die Folgerung, als Übungswirkung eine bessere Rechts/Links-Korrelation zu sehen, doch recht fragwürdig ist (s. Diagr. 1.2 und Tab. 1.3, 1.4).
Beim Vergleich der Geschlechter fallen die eindeutig signifikanten Rechts/Links Unterschiede der Varianzen der Fehlerzeiten der m ä n n l i c h e n Vpn. auf (s. Diagr. 1.3). Nachmittags sind die Signifikanzen in den letzten drei Versuchen nicht mehr nachweisbar. Auch unterscheiden sich die Mittelwerte nicht mehr signifikant, so daß man vielleicht von einer Angleichung der Leistungen infolge von mehr Geübtheit sprechen könnte.
Die w e i b l i c h e n Vpn. zeigen immer eindeutig signifikante Rechts/Links Unterschiede der Mittelwerte der Fehlerzeiten, während sich die Varianzen außer in Versuch 2 am Vormittag nicht signifikant unterscheiden.

Zwischen Mittelwerten und Varianzen aller Variablen besteht eine gewisse Beziehung, indem nämlich die Streuungen umso niedriger sind, je bessere Leistungen erzielt wurden.
Im großen und ganzen läßt sich sagen, daß dem Übungsgewinn und seinen geschlechtsspezifischen Varianzen keine besondere Bedeutung zukommt, da doch recht wenige Unterschiede signifikant sind.
Mehr als drei Vorversuche sind nicht notwendig. Man kann aber auch den 3. Versuch des Vormittags und den 2. des Nachmittags werten.

2. Liniennachfahren

Es war durch die Instruktion gelungen, die Dauer über alle Versuche nahezu konstant zu halten.
Die Fehlervariablen zeigen einen fortlaufenden Übungsgewinn. Zwischen zwei direkt aufeinanderfolgenden Versuchen ergeben sich jedoch nie signifikante Verbesserungen. Man kann nun vermuten, daß die Testperson eine gewisse Anlaufzeit benötigt, um die richtige Arbeitsmethode zu finden, die die Bewältigung der Aufgabe erleichtert. So stellt jede Wiederholung auch wieder eine neue Lernsituation dar. Letzteres erklärt auch, warum sich die Probanden erfreulich motiviert zeigten, denn die Wiederholungen wurden nicht als "ein nochmal dasselbe tun" empfunden, sondern als echte Möglichkeit einer Leistungssteigerung begriffen.
Vormittags verläuft die Übungskurve des Gesamtkollektivs wesentlich steiler als nachmittags. Beide erreichen gegen Ende ein vorläufiges Plateau.
Nachmittags wird es schon eher erreicht, so daß sich die Leistungen in den letzten Versuchen nicht mehr signifikant

unterscheiden (s. Diagr. 2.1).
Die getrenntgeschlechtliche Auswertung zeigt, daß die M ä n n e r vormittags trotz schlechterer Anfangsleistung zum Schluß ein höheres Ergebnis erzielten als die F r a u e n (vgl. Tab. 2.3 und 2.5). Nachmittags konnten sie das zuletzt erreichte Niveau nicht mehr wesentlich verbessern, während bei den Frauen erst hier ein signifikanter Übungsgewinn sichtbar wird (s. Diagr. 2.2). Die Varianzen der Frauen nehmen vormittags ständig ab und unterscheiden sich zuletzt auch signifikant von den Werten der Männer. Nachmittags schwanken sie um den vormittags zuletzt erreichten Wert.
Das Verhalten von Mittelwerten und Varianzen muß also nicht unbedingt gleichsinnig sein. Man könnte vermuten, daß - wie eingangs erläutert (vgl. II.3c) - zu Beginn interindividuelle Unterschiede noch einen größeren Anteil an der Varianz haben. Während des Vormittags gleichen sich die Leistungen, vielleicht durch größere absolute Gewinne der Testpersonen mit niedrigem Ausgangsniveau, zunehmend an. Erst nachmittags bestehen gleiche Ausgangsbedingungen für quantitativ meßbare Verbesserungen der Durchschnittswerte.
Nachmittags werden von a l l e n Probanden bessere Leistungen erzielt als vormittags. Signifikant sind die Unterschiede jedoch nur im zweiten und dritten Versuch, bei den Männern in den ersten beiden, bei den Frauen nur im zweiten Versuch.
Trotz des bei den weiblichen und männlichen Versuchspersonen etwas unterschiedlichen Übungsverlaufes gibt es keine signifikanten Unterschiede ihrer Mittelwerte, so daß der Faktor Geschlecht bei der Auswahl der Testpersonen nicht besonders berücksichtigt werden muß.
Für die weitere Anwendung kann man so verfahren, daß man den Probanden eine gewisse Anlaufzeit gibt, bis sie ein erstes steady state erreicht haben und dann erst werten. Vormittags wäre dies das 5. und nachmittags das 3. Versuchsergebnis. Man kann aber auch davon ausgehen, daß

vormittags die ersten drei Versuche ohne signifikante Verbesserungen ablaufen. Dann wertet man am besten den 3. Versuch und vergleicht ihn mit dem 1. Nachmittagsversuch.

3. Aiming

Vormittags kann man nicht von einer wesentlichen Verbesserung der Leistung sprechen. Nachmittags erhöht sich die relative Trefferzahl signifikant im 4. Versuch, was sowohl auf das Absinken der Fehler als auch auf das Ansteigen der absoluten Treffer zurückzuführen ist (s. Diagramm 3.1 und 3.2). Die relative Dauer bleibt bis auf den ersten Nachmittagsversuch nahezu immer konstant.
Die Treffer/Dauer-Korrelationen nehmen vormittags ab und sind nachmittags bedeutend geringer. Dies läßt sich durch die Trefferzunahme bei unveränderter Dauer erklären.
Hier wird auch die Schwierigkeit der doppelten Motivation bei dieser Aufgabe deutlich, nämlich gleichzeitig genau u n d schnell zu sein. Es wäre anzunehmen, daß der eine mehr auf Genauigkeit, der andere mehr auf die Schnelligkeit Wert legt. Eine Priorität war vielleicht insofern gegeben, als das zuerst Genannte für wichtiger gehalten wurde, da die einzigen Verbesserungen in einer leichten Zunahme der Treffer zu sehen sind. Nur im 4. Versuch unterscheidet sich der Nachmittags- signifikant vom Vormittagswert. Sowohl vor- als auch nachmittags fällt bei der Gesamtauswertung die hohe Varianz der absoluten Trefferzahl im 1. Versuch auf. Wie schon bei der Steadinessaufgabe zeigt sich, daß eine Leistungsverbesserung auch mit einer Varianzabnahme einhergeht. Es ist zu vermuten, daß nach längerem Üben die interindividuellen Unterschiede immer geringer werden.
Bei der getrenntgeschlechtlichen Analyse zeigen die F r a u e n vormittags eine stärkere Erhöhung der

Trefferzahlen als die Männer (s. Diagr. 3.3). Gleichzeitig ist aber auch ihre Dauer verlängert. Nachmittags gibt es zwischen beiden keine Unterschiede im Übungsverlauf. Die Varianzen der Frauen sind nachmittags teils signifikant höher als vormittags, die der Männer geringer, so daß es teils zu signifikanten Unterschieden kommt.
Da sich die unterschiedlichen Ansätze zur Aufgabenlösung bei den Frauen in beiden Variablen (Treffer, Dauer) ausdrücken, ja sich gegenseitig bedingen und nicht lange bestehen bleiben, hat die Geschlechtszugehörigkeit keinen Einfluß auf die Testergebnisse.
Es ist aber empfehlenswert, auch wegen der anfangs hohen Varianzen, vor- und nachmittags 1-2 Vorversuche zu machen.

4. Tapping

Ein Lerneffekt läßt sich bei dieser Aufgabe am allerwenigsten nachweisen. Die signifikanten Verbesserungen rechts zwischen Versuch 3 und 4 sind sicherlich auf die Erholungspause zurückzuführen. Ohne Pause wäre wahrscheinlich eher ein Leistungsabfall zu sehen.
Vormittags sind z.T. links signifikante Unterschiede zwischen der 1. und 2. Versuchshälfte. Die größere Leistungsreserve der rechten Hand hängt wahrscheinlich mit der Rechtshändigkeit der Probanden zusammen.
Die Rechts/Links Korrelationen nehmen vormittags etwas zu, nachmittags eher ab. Sie lassen also auch keine Aussage hinsichtlich eines Lerneffektes zu.
Bei einigen Probanden läßt sich eine nicht unbedingt quantifizierbare Aussage hinsichtlich eines Übungsgewinns machen. Testpersonen, die anfangs kraftvoll auf die Metallplatten einhämmerten, gestalteten die Bewegungen später anmutiger und reduzierten somit ihren Energieaufwand. Der Lerneffekt ist also im Sinne einer zunehmenden

Ökonomisierung zu sehen.
Wichtig für die spätere Anwendung sind die Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Falls bei der Probandenauswahl nicht besonders auf Geschlechtergleichheit geachtet wird, können die Werte verzerrt werden.
Vormittags sind die Unterschiede sowohl rechts als auch links in der 2. Versuchshälfte signifikanter als in der 1., was auf eine stärkere Ermüdung der F r a u e n schließen läßt. (s. Diagr. 4.1). Nachmittags gibt es gerade in der 2. Hälfte weniger signifikante Unterschiede. (s. Diagr. 4.3). Bei den Männern ist hier der relative Leistungsabfall stärker.
Die Varianzen der Frauen sind insgesamt niedriger, vormittags kommt es zu signifikanten Unterschieden. Gute Leistung geht hier also nicht wie bei den anderen Aufgaben mit geringerer Standardabweichung einher.
Zusammenfassend kann man sagen, daß die Frauen zwar langsamer waren, aber ein homogeneres Leistungsbild zeigten. Es ist jedoch zu vermuten, daß die Unterschiede durch besonderen Leistungswillen oder durch besondere Übung ausgeglichen werden können.
Es empfiehlt sich, vor- und nachmittags den 1. Versuch zu werten, da er der beste ist. Auch ergeben sich bei dieser Aufgabe wohl schwerlich Verständnisschwierigkeiten, die eine Einübung erforderlich machen könnten.

5. Befragung

Die Befragung bestätigt eigentlich nur die erhaltenen Testergebnisse. Sie zeigt die Übereinstimmung zwischen Motivation, subjektivem und objektivem Lernerfolg.
Deutlich wird, wie nur geringe Abwandlungen der Aufgabenstellung Ergebnis und Einstellung entscheidend beeinflussen können. Sowohl Steadiness als auch Liniennachfahren

messen den Stetigkeitsfaktor. Die eine Aufgabe gefiel am besten, die andere nahezu am wenigsten, die eine zeigte den größten subjektiven Lernerfolg, die andere fast den geringsten. Steadiness wurde von 33 Probanden für schwierig befunden, Liniennachfahren nur von 2. Die Interdependenz von Erfolg und Einstellung läßt sich sehr gut erkennen: Die Aufgabe Liniennachfahren gefiel, w e i l ein Lernerfolg bemerkt wurde, andernseits e r m ö g l i c h t e gerade die positive Einstellung eine Leistungsverbesserung.
Die Aufgabe Tapping gefiel vielleicht nicht zuletzt deshalb am wenigsten, weil t r o t z physischer Anstrengung das Erfolgserlebnis ausblieb.
Es wäre zu überlegen, ob die Tappingaufgabe nicht vor der Aufgabe Aiming durchgeführt werden sollte, da einige Versuchspersonen das Tapping als schwierig empfanden und daa Aiming von der Mehrzahl der Probanden als leicht bezeichnet wurde.
Nicht ganz unbedeutend dürfte auch der Einfluß des subjektiven Wohlbefindens bei der Interpretation der Tests sein. Nachmittags waren die Ergebnisse - je nach Art der Aufgabe mehr oder weniger - besser. Immerhin aber fühlten sich auch 19 Probanden nachmittags leistungsfähiger. Für das spätere Anwendungskollektiv dürfte dieser Befund aber unerheblich sein, da Werktätige sich zu Beginn einer Arbeitsschicht sicher frischer fühlen als am Ende.

6. Langzeitversuch

Der quantitative Übungsgewinn der Probandin tritt deutlich zutage. Die Abnahme der Fehlerwerte läßt sich am ehesten durch die Exponentialgleichung

$$F+FD = 399 \times e^{-0,01 \times \text{Versuchsanzahl}}$$ beschreiben.

Der Verlauf der Lernkurve läßt die baldige Erreichung eines Plateaus vermuten, in dessen Verlauf sich die Fehlerwerte nur noch unerheblich ändern würden.
Definiert man es als den Zeitpunkt, zu dem der Unterschied der Fehler zwischen zwei aufeinanderfolgenden Versuchsblöcken maximal eins beträgt, wäre er nach weiteren zehn Versuchen erreicht. Allerdings handelt es sich hierbei um eine rein mathematische Denkweise. Faktoren, wie sie unter II.3d beschrieben wurden, bleiben unberücksichtigt.
Nach Aussagen der Probandin war der Konzentrationsaufwand zwischen der ersten und der dritten Pause (Versuch 13-36) am geringsten. Anfangs erforderte das Finden der geeignetsten Arbeitsmethode die meiste Aufmerksamkeit, gegen Ende bereitete die visuelle Kontrolle zunehmend Schwierigkeiten (Flimmern, Brennen).
Versucht man, die Ergebnisse mit den eingangs beschriebenen Lernphasen in Einklang zu bringen, so kann man sagen, daß Phase 1 und 2 durchaus bewältigt wurden.
Trotz des immer wieder auftretenden Leistungsrückgangs wurde gelernt, daß man z.B. die Bögen in einem Zuge durchfahren kann, an Ecken absetzen muß und gerade Strecken schnell hinter sich bringen kann.
Solange die Versuchspersonen jedoch nur mit der Bewältigung dieser einen Aufgabe beschäftigt sind, können sie das Bewegungsmuster noch nicht automatisiert haben. Sie müßten sonst fähig sein, gleichzeitig z.B. eine verbale Äußerung aufzunehmen und wiederzugeben, ohne daß sich ihre Leistungen verschlechtern.

IX ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit sollte den Lerneffekt bei vier einfachen psychomotorischen Aufgaben innerhalb von sechs Vor- und sechs Nachmittagsversuchen zeigen, um deren Zuverlässigkeit bei toxikologischen Untersuchungen am Arbeitsplatz zu prüfen. Einziges Kriterium sollte die motorische Übbarkeit sein. Bei der Auswahl der Testpersonen wurde deshalb auf Gleichheit von Geschlecht, Alter und Tätigkeit geachtet.
Die Tests wurden mit 20 weiblichen und 22 männlichen Medizinstudenten durchgeführt. Der Gesamttestzeitraum betrug zwei Wochen, die Testdauer pro Person 25 Minuten. Statistisch signifikante Verbesserungen der Durchschnittswerte waren vereinzelt nachweisbar, zeigten aber nur beim Liniennachfahren eine eindeutige und durchgängige Übungswirkung. Bei den Aufgaben Steadiness und Aiming gingen Leistungsverbesserungen auch mit Abnahmen der Varianzen einher, bei den Aufgaben Liniennachfahren und Tapping waren die Varianzänderungen dagegen unbedeutend.

Die getrenntgeschlechtliche Analyse ergab bei einigen Aufgaben etwas unterschiedliche Übungsverläufe.
So erreichten die Frauen beim Steadiness bereits im 3. Versuch ihre Bestleistung, während sich die Männer bis zum Schluß verbessern konnten. Diese Aussage gilt für alle gemessenen Variablen dieser Aufgabe.
Beim Liniennachfahren zeigten die Männer vormittags eine starke Abnahme der Fehlerwerte, die nachmittags nicht mehr wesentlich unterboten werden konnte, während bei den Frauen erst nachmittags ein konstant bleibender Lerneffekt nachzuweisen ist. Beim Aiming erhöht sich vormittags die Trefferzahl bei Abnahme der Fehlerzahl bei den Frauen zwar stärker, gleichzeitig ist aber auch ihre Versuchsdauer signifikant verlängert. Nur beim Tapping

zeigen sich signifikant bessere Mittelwerte der Männer bei höheren Standardabweichungen. Diese Unterschiede gilt es bei der Auswahl der Testpersonen in Zukunft zu beachten.
Eine Befragung der Probanden am Ende der Versuchsdurchführung konnte den Zusammenhang zwischen Art der Aufgabe, Testmotivation und Leistungsergebnis klären. Auf Grund der Ergebnisse ließen sich für die vier Aufgaben folgende Anzahlen von Vorversuchen ermitteln:

Art der Aufgabe	vormittags	nachmittags
Steadiness	2 (3)	1 (3)
Liniennachfahren	4 (2)	2 (0)
Aiming	1 - 2	1 - 2
Tapping	0	0

Zum Schluß wurde noch mit einer Probandin die Aufgabe Liniennachfahren 50x durchgeführt. Hiermit sollte versuchsweise ein Einblick in die Abläufe verschafft werden, die zum Erlernen einer etwas komplexeren motorischen Aufgabe notwendig sind.
Als Ergebnis bleibt festzuhalten, daß die Abnahme der Fehlerwerte exponentiell erfolgte und ein Plateau nach 50 Versuchen noch nicht erreicht werden konnte.

X LITERATURVERZEICHNIS

1. ADAMS, J.A.
A closed-loop theory of motor learning.
J. Motor Behav. 3, 111-150 (1971)

2. AMMONS, R.B., ALPRIN, S.J., AMMONS, C.H.
Rotary pursuit performance as related to sex and age of pre-adult subjects.
J. exp. Psychol. 49, 127-133 (1955)

3. ANASTASI, A.
Angewandte Psychologie, übersetzt von W. Strehse,
1. Aufl. Weinheim und Basel: Beltz 1973

4. ANNETT, J.
Acquisition of skill. Br.med.Bull. 27, 266-71 (1971)

5. BAHRICK, H.P., NOBLE, M.E.
Motor behaviour. In: Sidowsky, J.B.: Experimental methods and instrumentation in psychology,
New York: McGraw Hill 1966

6. BELL, V.L.
Sensomotor learning from research to teaching
California: Goodyear Publishing Company 1970

7. BILODEAU, E.A.
Speed of acquiring a simple motor response as a function of the systematic transformation of knowledge of results. Amer.J.Psychol.66,409-20 (1953)

8. BILODEAU, E.A. & BILODEAU, I.M.
Variable frequency of knowledge of results and the learning of a simple skill. J.exp.Psychol. 55,
379-83 (1958)

9. BILODEAU, E.A. & BILODEAU, I.M.
Motor-skills learning. A.Rev.Psychol. 12, 243-80 (1961)

10. BÖGER, J.
Beitrag zur Untersuchung der Hirnleistung und manuellen Feinmotorik im Alternsgang. Akt.Geront. 5, 249-53 (1975)

11. CORBALLIS, M.C.
Practice and the simplex. Psychol.Rev. 72, 399-406 (1965)

12. CRATTY, B.J.
Motorisches Lernen und Bewegungsverhalten, übertragen von H. Irmer, 1. Aufl. Frankfurt: Limpert (1975)

13. CRONBACH, L.J.
Essentials of psychological testing, 3. Aufl. New York: Harper & Row 1970

14. DORSCH, F., TRAXEL, W.
Psychologisches Wörterbuch, 8. Aufl. Hamburg: Meiner 1973

15. EGGERT, D.
LOS KF 18 Kurzform zur Messung des motorischen Entwicklungsstandes von normalen und behinderten Kindern, 1. Aufl. Weinheim-Berlin 1971

16. EGGERT, D., KIPHARD, J.
Die Bedeutung der Motorik für die Entwicklung normaler und behinderter Kinder, Schorndorf: Hofman 1972

17. EYSENCK, H.J.
Involuntary rest pauses in tapping as a function of drive and personality. Percept.Mot.Skills 188, 173-75 (1964)

18. FITTS, P.M.
Perceptual-motor skill learning. In: Melton, A.W.: Categories of human learning, 244-83, 1. Aufl. New York: Academic Press 1964

19. FITTS, P.M., POSNER, M.J.
Human performance, Belmont: Brooks-Cole 1967

20. FLEISHMAN, E.A.
Testing for psychomotor abilities of apparatus tests. Psychol. Bull. 50, 241-62 (1953)

21. FLEISHMAN, E.A.
Dimensional analysis of psychomotor abilities. J.exp.Psychol. 48, 437-54 (1954)

22a FLEISHMAN, E.A.
Analysis of positioning movements and static reactions. J.exp.Psychol. 55, 13-24 (1958)

22b FLEISHMAN, E.A.
Dimensional analysis of movement reactions. J.exp.Psychol. 55, 430-53 (1958)

23. FLEISHMAN, E.A.
Psychomotor tests in drug research. In: UhrL. & Miller, J.G.: Drugs and behaviour, 273-96, 1. Aufl. New York: Wiley 1960

24. FLEISHMAN, E.A.
Human abilities and the acquisition of skill. In: Bilodeau, E.A. & Bilodeau, I.M.: Acquisition of skills, 147-67, New York: Academic Press Inc. 1966

25. FLEISHMAN, E.A., ELLISON, G.D.
A factor analysis of fine manipulative tests.
J.appl.Psychol. 46, 96-105 (1962)

26. FLEISHMAN, E.A., HEMPEL, W.E.
Changes in factor structure of a complex psychomotor test as a function of practice.
Psychometrika 19, 239-52 (1954)

27. GAGNE, R.M., FLEISHMAN, E.A.
Psychology and human performance, New York: Holt 1959

28. GIESE, F.
Handbuch psychotechnischer Eignungsprüfungen
Halle 1925: Marhold

29. GREENE, E.B.
An analysis of random and systematic changes with practice. Psychometrika 8, 37-52 (1943)

30. HASELOFF, O.W., JOSWIECK, E.
Psychologie des Lernens, 1. Aufl. Berlin:
Gruyter 1970

31. HEIMSTRA, N.W., ELLINGSTAD, V.S.
Human behaviour: A system approach, Kap. 6:
The memory subsystem II, 1. Aufl. Monterey Calif.:
Woodsworth Publ. Company 1972

32. HILGARD, E.R.
Methods and procedures in the study of learning.
In: Stevens, S.S.: Handbook of experimental psychology 517-67, 7. Aufl. New York: Wiley 1966

33. HOFFMAN, D.T.
Sex differences in preferred finger tapping rates. Percept.Mot.Skills 29, 676 (1969)

34. HOVLAND, C.L.
Human learning and retention. In: Stevens, S.S.: Handbook of experimental psychology, 613-89, 7. Aufl. New York: Wiley 1966

35. IRION, A.L.
A brief history of research on the acquisition of skill. In: Bilodeau, E.A. & Bilodeau, I.M.: Acquisition of skill, 1-46, New York: Academic Press Inc. 1966

36. JANKE, W.
Untersuchungen über den Einfluß von pharm. Belastungsbedingungen auf einfache psychomotorische Leistungen. Arch.ges.Psychol. 116, 35-57 (1964)

37. JONES, M.B.
Individual differences. In: Bilodeau, E.A. & Bilodeau, I.M.: Acquisition of skill, 109-146, New York: Academic Press Inc., 1966

38. JONES, M.B.
A two process theory of individual differences in motor learning. Psychol.Rev. 77, 353-60 (1970)

39. KEELE, S.W.
Movement control in skilled motor performance. Psychol.Bull. 70, 387-403 (1968)

40. KERN, B.
Wirkungsformen der Übung, 1. Aufl. Münster: Helios 1930

41. KIRCHNER, W.K.
Age differences in short-term retention of rapidly changing information. J.exp.Psychol. 55, 352-58 (1958)

42. KORNETSKY, C.
Alterations in psychomotor functions and individual differences in responses produced by psychoactive drugs. In: Uhr, L. & Miller, J.G.: Drugs and behaviour, New York: Wiley 1960

43. LASZLO, J.
Training of fast tapping with reduction of kinesthetic tactile visual and auditory sensations. Quart. J. exp.Psychol. 19, 344-49 (1967)

44. LIENERT, G.
Testaufbau und Testanalyse, 3. Aufl. Weinheim: Beltz, 1969

45. McGEOCH, J.A.
The acquisition of skill. Psychol.Bull. 28, 413-66 (1931)

46. MEILI, R.
Lehrbuch der psychologischen Diagnostik, 5. Aufl. Stuttgart: Huber 1965

47. MERZ, F.
Tests zur Prüfung spezieller Fähigkeiten. In: Handbuch der Psychologie, Bd. 6: Psychologische Diagnostik hrs. von Heiss, R., Graftmann, K.J., Michel, L., 411-58, 2. Aufl. Göttingen: Hogrefe 1964

48. MICHEL, L.
Allgemeine Grundlagen psychometrischer Tests. In: Handbuch der Psychologie, Bd. 6: Psychologische Diagnostik hrsg.v. Heiss, R., Graftmann, J.J., Michel, L., 19-70, 2. Aufl. Göttingen: Hogrefe 1964

49. OSERETZKY,
Psychomotorik. Z.angew.Psychol. Beiheft 57 (1931)

50. PAWLIK, K.
Dimensionen des Verhaltens, Bern: Huber 1968

51. REYNOLDS, B.
The effect of learning on the predictability of psychomotor performance. J.exp.Psychol. 44, 189-98 (1952)

52. ROTH, E.
Lernen in verschiedenen Altersstufen. Z.exp.angew. Psychol. 8, 409-17 (1961)

53. SADER, M.
Instruktionsverständnis und Testleistung, Frankfurt: Kramer 1957

54. SADER, M.
Bedingungskonstanz in der psychologischen Diagnostik. Arch.ges.Psychol. 118, 279-308 (1966)

55. SÄLZER, M.
Tremor und Arbeitssicherheit, 1. Aufl. Wilhelmshaven: Hug & Co.

56. SAYER, H.
Untersuchungen zur psychomotorischen Beeinträchtigung von Trichloräthylen-Exponierten am Arbeitsplatz Inaugural-Dissertation Tübingen 1975

57. SCHOPPE, K.J.
Das MLS-Gerät: Ein neuer Testapparat zur Messung feinmotorischer Leistungen. Sonderdruck aus Diagnostika XX/1, 43-46 (1974)

58. SCHUHFRIED, G.
Motorische Leistungsserie nach Dipl.Psychol. Schoppe
Begleitschreiben zum Gerät

59. SEASHORE, R.H.
Experimental and theoretical analysis of fine motor skills. Amer.J.Psychol. 53, 86-98 (1940)

60. SEASHORE, R.H.
Work and motor performance. In: Stevens, S.S.:
Handbook of experimental psychology, 1241-62, 7. Aufl.
New York: Wiley 1966

61. SEASHORE, R.H., DUDEK, F.J., HOLTZMAN, W.
A factorial analysis of arm-hand precision tests.
J.appl.Psychol. 33, 579-84 (1949)

62. SLOAN, W.
The Lincoln-Oseretzky-Motor-Development Scale.
Genet.Psychol.Monographs 183-252 (1955)

63. STERN, W.
Allgemeine Psychologie auf personalistischer Grundlage,
1. Aufl. Den Haag: Nijoff

64. TRAVERS, R.M.W.
Grundlagen des Lernens, übersetzt von L. Bittlinger
1. Aufl. München: Oldenbourg 1975

65. TROWBRIDGE, M.H., CASON, H.
An experimental study of Thorndike's theory of learning. J.gen.Psychol. 7, 245-60 (1932)

66. TRUMBO, D., NOBLE, M.
Motor skills. In: Wolman, B.: Handbook of general psychology. Prentice Hall Englewood/Cliffs, New Jersey 1973

67. VUKOVICH, A.F.
Die Konstruktion psychologischer Tests. In: Handbuch der Psychologie, Bd. 6: Psychologische Diagnostik, hrs. von Heiss, R., Graftmann, K.J., Michel, L., 113-154, 2. Aufl. Göttingen: Hogrefe 1964

68. WELFORD, A.T.
Ageing and human skills, Oxford University Press: 1958

69. WELFORD, A.T.
Fundamentals of skills, 1. Aufl. London: Methuen & Co Ltd. 1968

70. WILSON, G.D., TUNSTALL, O.A., EYSECK, H.J.
Individual differences in tapping performance as a function of time on the task. Percept.Mot.Skills 33, 375-78 (1971)

71. WOLFLE, B.
Training. In: Stevens, S.S.: Handbook of experimental psychology, 1267-86, 7. Aufl. New York: Wiley 1966

72. WOODROW, H.
The relationship between abilities and improvement with practice. J.educ.Psychol. 29, 215-30 (1938)

L e b e n s l a u f

Am 18.3.1953 wurde ich, Beate Charlotte Waizenegger, als Tochter des August Waizenegger und seiner Ehefrau Emilie in Ebingen geboren. Von 1960 bis 1964 besuchte ich die Dorfackerschule in Tübingen-Lustnau, anschließend bis 1972 das Wildermuth-Gymnasium in Tübingen. Im Wintersemester 1972/73 begann ich das Medizinstudium an der Universität Tübingen. In Reutlingen legte ich am 27.8.1974 die Ärztliche Vorprüfung ab.
Dort erfolgte am 29.8.1975 auch der Erste Abschnitt der Ärztlichen Prüfung und am 26.8.1977 der Zweite Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.
Vom 17.4.1978 bis 25.3.1979 machte ich das Praktische Jahr in den Fächern Innere Medizin, Chirurgie und Anaesthesiologie am Robert-Bosch-Krankenhaus in Stuttgart.
Am 19.4.1979 erfolgte der schriftliche Teil des Dritten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung in Reutlingen und am 27.4.1979 der mündliche Teil am Robert-Bosch-Krankenhaus in Stuttgart.